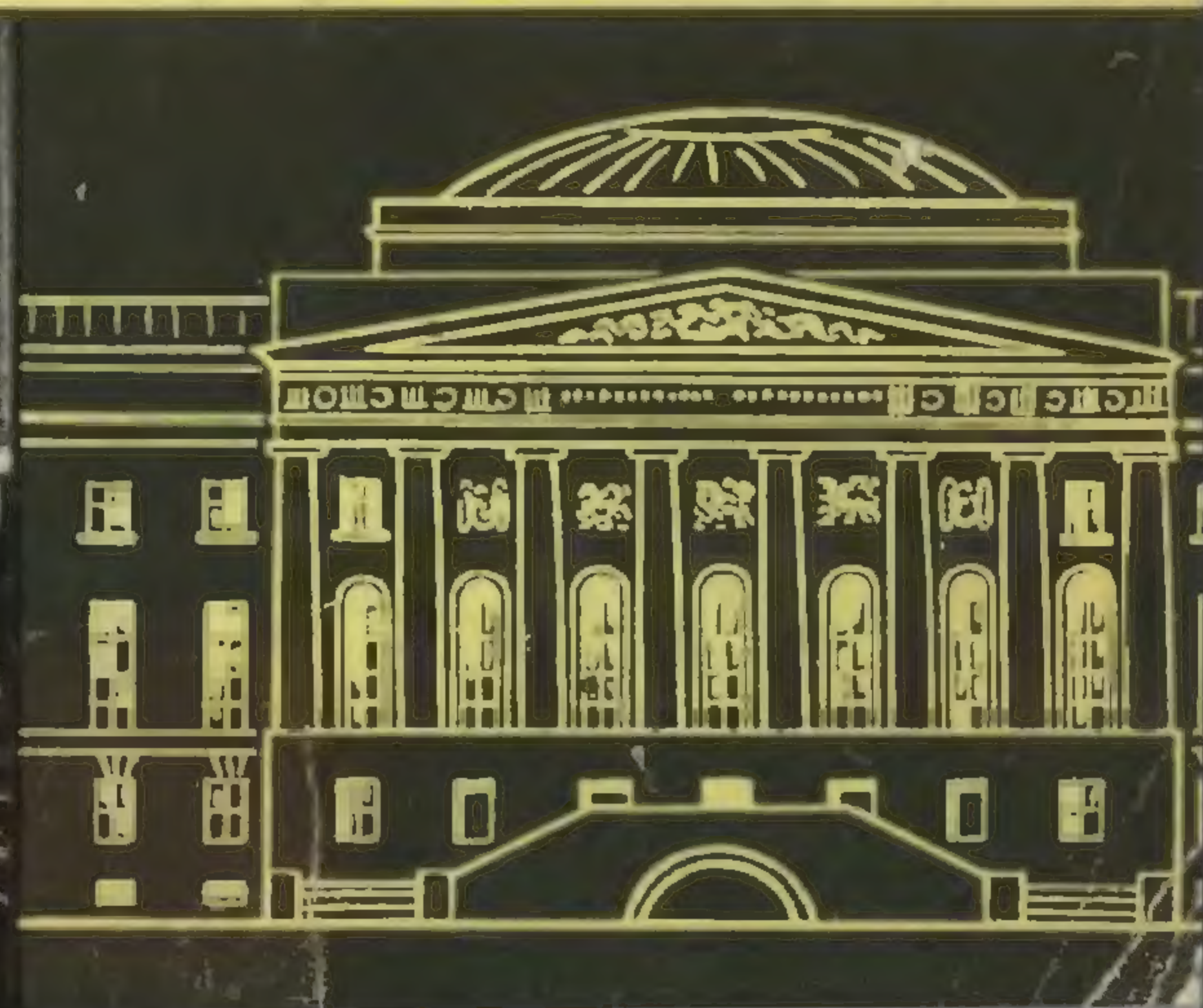




ПРИРОДА

3
1966



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор
академик Д. И. ЩЕРБАКОВ

Доктор физико-математических наук
Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ (*заместитель главного редактора*); кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ (*заместитель главного редактора*); академик А. И. БЕРГ; академик А. П. ВИНОГРАДОВ; действительный член АМН СССР В. В. НАРИН; член-корреспондент АН СССР В. Л. АСТАУРОВ; член-корреспондент АН СССР Л. А. ЗЕНКЕВИЧ; член-корреспондент АН СССР В. Л. КРЕТОВИЧ; член-корреспондент АН СССР Г. М. ФРАНК; доктор физико-математических наук В. Л. ДЗЕРДЗЕЕВСКИЙ; доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА; кандидат философских наук Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Академик А. Е. АРБУЗОВ (*органический химик*); академик П. К. КИКОИН (*физик*); академик В. Н. СУКАЧЕВ (*ботаника*); академик Н. В. ЦИЦИН (*сельское хозяйство*); член-корреспондент АН СССР Э. А. АСРАТЯН (*физиология*); член-корреспондент АН СССР В. Н. ДЕЛОНЕ (*математика*); член-корреспондент АН СССР Б. М. КЕДРОВ (*философия естествознания*); член-корреспондент АН СССР Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ (*микробиология*); член-корреспондент АН СССР В. А. МАГИЩКИЙ (*геофизика*); член-корреспондент АН СССР Н. И. НУЖДИН (*биология*); член-корреспондент АН СССР Р. З. САГДЕЕВ (*физика*); член-корреспондент АН СССР А. И. ТЕРЕНТЬЕВ (*органический химик*); член-корреспондент АН СССР И. П. ТУМАНОВ (*физиология растений*); доктор биологических наук А. Г. БАНИКОВ (*зоология*); доктор физико-математических наук Б. В. КУРЯКИН (*астрономия*); доктор философских наук Г. А. КУРСАНОВ (*философия*); доктор географических наук К. К. МАРКОВ (*география*); доктор биологических наук К. К. ФЛЕРОВ (*палеонтология*); доктор биологических наук А. И. ФОРМОЗОВ (*экология, зоогеография*)

В марте 1966 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося русского ученого, первооткрывателя светового давления, Петра Николаевича Лебедева. Его плодотворной научной и организационной деятельности, в результате которой в нашей стране возникла первая большая школа физиков, посвящены материалы, публикуемые в этом номере журнала.

Обложка художника
К. Д. Юрченко.

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННО-
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТЬДЕСЯТ ПЯТЫЙ

3
1966

В НОМЕРЕ:

Пятилетие великих свершений. Проект Директив
ХХIII съезда КПСС обсуждает весь народ 2
Вымпел СССР на Венере 8
Внутриклеточный симбиоз. В. Л. Рыжков . . . 9
Строение молекул и квантовая химия. А. А. Левин 18
Открытие космических зорь. Г. В. Розенберг . . 26
Контурь подводной топографии. Новейшие
исследования дна Атлантического океана.
А. В. Ильин 38
Знаменитый русский ученый. К столетию со дня
рождения П. Н. Лебедева. Первооткрыватель
светового давления. А. С. Предводителев (48).
Важнейший узел исследований. С. И. Вави-
лов (48). Из трудов П. Н. Лебедева (50). Вели-
кий ум, горячее сердце... Н. А. Умов (50).
И Кельвин согласился... К. А. Тимирязев (52).
Виртуоз тонкого эксперимента. П. П. Лазарев
(53). Светлый облик ученого. Т. П. Кравец (54).
Из переписки ученого (57).

Теория внутриклеточной регуляции. Нобелевская
премия по физиологии и медицине за 1965 год.
К. А. Кафиани 61
В лабораториях ученых. Уникальный прибор для
ядерных исследований. Двухметровая пропа-
новая пузырьковая камера. М. И. Соловьев,
И. В. Чувило 65
Заповедные места. Баргузинскому заповеднику
50 лет. А. Г. Банников 71
Грозные явления природы. Землетрясения в Запад-
ной Сибири. Н. Д. Жалковский, Ф. С. Моисе-
енко 82
У наших друзей. Севастополь — Гавана. Творче-
ское содружество советских и кубинских уче-
ных. Н. П. Болгаров (87). В лесах Монголии.
Б. Г. Шуровенков (90).
Дискуссии, полемика. Археология спорит с физикой.
Л. С. Клейн 94

(Продолжение на 128 стр.)

В Кузнецком Алатау ведутся поиски полезных ископаемых. Группа геологов исследует один из районов этой горной системы



ПЯТИЛЕТИЕ ВЕЛИКИХ СВЕРШЕНИЙ

ПРОЕКТ ДИРЕКТИВ XXIII СЪЕЗДА КПСС ПО ПЯТИЛЕТНЕМУ ПЛАНУ РАЗВИТИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА НА 1966—1970 ГОДЫ ОБСУЖДАЕТ ВЕСЬ НАРОД

ПОБЕДНЫЕ ИТОГИ

Близится историческое событие в жизни Коммунистической партии и всех советских людей — XXIII съезд КПСС.

Съезд примет огромной важности документ — Директивы по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. С осуществлением каждого нового пятилетнего плана наша страна движется все дальше вперед по пути к великой цели — созданию коммунистического общества. В истекшем семилетии советский народ добился крупных успехов в хозяйственном и культурном строительстве, в развитии науки и техники. Возросли экономическое могущество и обороноспособность нашей Родины, повысился жизненный уровень советских людей. Укрепились позиции Советского Союза на мировой арене.

С 1959 по 1965 г. основные производственные фонды почти удвоились (рост в 1,9 раза), на 53% вырос по сравнению с 1958 г. национальный доход. Объем промышленного производства за семь лет увеличился на 84% (вместо 80% по плану), введено в действие около 5500 крупных промышленных предприятий. Опережающее развитие получили отрасли промышленности, обеспечивающие технический прогресс. Показателем этого служит выработка электроэнергии, продукции машиностроения и металлообработки, химической и нефтяной промышленности, которые выросли в 2,2—2,5 раза, а производство газа — в 4,3 раза. Мы выплавляем 91 млн. т стали (в 1,7 раза больше, чем в 1958 г.). Проведена техническая реконструкция всех видов транспорта.

На основе решений мартовского (1965 г.) Пленума ЦК КПСС осуществляются важные меры по развитию сельского хозяйства.

Увеличились реальные доходы трудящихся. Выплаты и льготы, полученные населением из общественных фондов, выросли

на 74%, увеличилось потребление промышленных и продовольственных товаров. Широко развернулось жилищное строительство. За 7 лет введено 556 млн. квадратных метров жилой площади. За 10 лет почти половина населения СССР получила новые квартиры или улучшила свои жилищные условия.

ЦИФРЫ, РОЖДАЮЩИЕ РАДОСТЬ И ГОРДОСТЬ

Величественные задания новой пятилетки радуют советских людей. Национальный доход должен быть увеличен за пятилетие на 38—41%; реальные доходы в расчете на душу населения увеличиваются примерно в 1,3 раза; объем промышленной продукции вырастет примерно в 1,5 раза.

Вот они цифры новой пятилетки, которыми может гордиться Советская страна:

840—850 млрд. *квт-ч* электроэнергии

345—355 млн. *т* нефти

225—240 млрд. *м³* газа

665—675 млн. *т* угля

124—129 млн. *т* стали

Эти грандиозные показатели плана на 1970 г. выработаны на основе реальной и объективной оценки того, чем располагает наша Родина. Директивы следующим образом определяют основные задачи пятилетки:

«Новый пятилетний план призван обеспечить значительное продвижение нашего общества по пути коммунистического строительства, дальнейшее развитие материально-технической базы, укрепление экономической и оборонной мощи страны. Главную экономическую задачу пятилетки партия видит в том, чтобы на основе всемерного использования достижений науки и техники, индустриального развития всего общественного производства, повышения его эффективности и производительности труда обеспечить дальнейший значительный рост промышленности, высокие устойчивые темпы развития сельского хозяйства и благодаря этому добиться существенного подъема

уровня жизни народа, более полного удовлетворения материальных и культурных потребностей всех советских людей».

В новом плане будет предусмотрено сближение темпов развития отраслей, производящих средства производства (группа «А») и предметов потребления (группа «Б»), сближение уровня жизни сельского и городского населения, дальнейшее повышение общеобразовательного и культурно-технического уровня народа, уменьшение существенных различий между умственным и физическим трудом.

Пятилетка ставит очень актуальную задачу повышения эффективности производства на основе технического прогресса, совершенствования организации труда и производства, лучшего использования производственных фондов и капитальных вложений, улучшения качества продукции, осуществления строжайшего режима экономии. На этой основе в новом пятилетнем плане предусматривается ускорение роста производительности труда, систематическое освоение технически новой, более совершенной продукции, интенсификация всех отраслей производства, коренное улучшение капитального строительства.

Перед промышленностью поставлена задача — поднять эффективность производства, его технический уровень, улучшить структуру, систематически и быстро внедрять новую технику. При этом предусматривается опережающее развитие тех отраслей, которые определяют научно-технический прогресс: электроэнергетики, машиностроения, химической промышленности, металлургии.

Дальнейшие успехи нашей тяжелой индустрии позволят осуществить техническое перевооружение сельского хозяйства, отраслей промышленности, производящих предметы народного потребления, строительства, транспорта и связи.

Каждый параграф Директив, нацеливающий наше народное хозяйство на новые достижения в техническом прогрессе, проникнут стремлением внедрить результаты научных исследований в производство. Например, если речь идет об энергетике, где вводится в действие 64—66 млн. *квт* новых мощностей, то указывается, что при строительстве тепловых электростанций мощностью в 2,4 млн. *квт* будут устанавливаться энергетические блоки с единичной мощностью в 300 тыс. *квт*, а при строительстве гидроэлек-

тростанций будут применяться турбины мощностью в 500—550 тыс. *квт*. Завершится создание единой энергосистемы Европейской части СССР. То же стремление к быстрейшему освоению достижений науки видно и при установлении новых прогрессивных методов разработки нефтяных и угольных месторождений, интенсификации добычи топлива, в развитии черной металлургии, где особое внимание уделяется производству высококачественных металлов, необходимых для различных отраслей промышленности и всего народного хозяйства.

В новом пятилетнем плане значительное место уделено геологоразведочным работам, усилению разведки месторождений нефти, газа и угля. Подчеркивается, что прирост разведанных запасов полезных ископаемых должен происходить главным образом в районах, где их разработка экономически наиболее выгодна.

Предусмотрены высокие темпы развития химической и нефтехимической промышленности, увеличится производство минеральных удобрений и химических средств защиты растений, пластмасс, прогрессивных видов полимерных материалов, особо чистых химических продуктов, синтетического каучука, предметов бытовой химии.

Значительно расширяются масштабы советского машиностроения, которое дает различные типы станков для всех отраслей производства, значительно увеличится выпуск автомобилей.

Уделено внимание развитию промышленности строительных материалов, лесной и целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей, легкой и пищевой промышленности, а также производству товаров культурно-бытового и хозяйственного обихода.

Как известно, в истекшем семилетии были выявлены серьезные недостатки в планировании, управлении промышленностью, соблюдении пропорций в развитии отдельных отраслей, недооценивалось действие объективных экономических законов. Отрицательную роль сыграло проявление субъективизма. Курс на преодоление этих недостатков, определенный решениями октябрьского (1964 г.) и последующих Пленумов ЦК КПСС, нашел свое дальнейшее развитие в проекте Директив по новому пятилетнему плану.

Научный подход к решению экономических задач выражен, в частности, также в заботе о правильном размещении производительных сил, в комплексном развитии и спе-

специализации хозяйств союзных республик и экономических районов, в более полном привлечении трудоспособного населения к производству, в правильном сочетании территориального планирования с отраслевым принципом управления народным хозяйством.

План предусматривает в восточных районах страны высокие темпы добычи топлива, создание новых предприятий по производству электроэнергии, энергоемких видов промышленности цветной металлургии и химической индустрии. В Европейской же части страны намечена реконструкция и улучшение использования действующих предприятий. Новые фабрики и заводы будут строиться здесь только в средних и небольших городах. Будут совершенствоваться межрайонные и межреспубликанские хозяйственные связи, которые обеспечат подъем производительных сил и повышение благосостояния во всех союзных республиках.

Научный подход положен в основу неуклонного осуществления решений партии о совершенствовании планирования, экономического стимулирования производства, о расширении инициативы и хозяйственной самостоятельности предприятий, повышении материальной заинтересованности трудящихся в результатах их труда.

Директивы предусматривают расширение внешних экономических связей, которые будут способствовать дальнейшему укреплению всестороннего экономического сотрудничества и братского содружества социалистических стран и расширению экономических взаимоотношений с развивающимися странами Азии, Африки и Латинской Америки.

ДАЛЬНЕЙШИЙ ПОДЪЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВА

В новом пятилетии обеспечиваются высокие, устойчивые темпы развития нашего сельского хозяйства. «Главной задачей в области сельского хозяйства,— подчеркивается в проекте Директив,— является значительное увеличение производства продуктов земледелия и животноводства в целях лучшего удовлетворения растущих потребностей населения в продуктах питания, а промышленности — в сельскохозяйственном сырье. Основой решения этой задачи должно быть последовательное осуществление системы экономических мероприятий, выработанных

на мартовском (1965 г.) Пленуме ЦК КПСС».

Решающее значение для подъема всех отраслей сельского хозяйства имеет прежде всего производство зерна. За пятилетие в среднем по стране оно возрастет на 30%. Широкое развитие получают зерновое хозяйство и другие отрасли производства в нечерноземной полосе, рисосеяние в низовьях рек Сыр-Дарьи и Аму-Дарьи, на Северном Кавказе и юге Украины.

Директивы предусматривают значительное увеличение производства хлопка-сырца, сахарной свеклы, льноволокна и других технических культур, картофеля, овощей, чая, продуктов садоводства и виноградарства. Главный путь к осуществлению этих задач — повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

В области животноводства партия ставит перед сельскими тружениками задачу — обеспечить дальнейший рост производства мяса, молока, яиц и шерсти главным образом путем повышения продуктивности, а также увеличения поголовья скота и птицы на основе всемерного укрепления кормовой базы.

В этих целях ставится задача увеличивать производство таких кормовых культур, которые позволяют в местных условиях получать наибольший выход кормов с единицы площади при минимальных затратах. Обращается внимание на необходимость повышения продуктивности естественных кормовых угодий. Более полно животноводство будет обеспечено высокобелковыми кормами, аминокислотами, микроэлементами, витаминами, минеральными кормами.

Для успешного выполнения заданий пятилетки партия намечает широкую программу мер, способствующих быстрейшему претворению планов в действительность. Объем государственных централизованных капитальных вложений в сельское хозяйство на производственное строительство и приобретение техники составит за пятилетие 41 млрд. руб. Селу будет поставлено 1790 тыс. тракторов, 1100 тыс. грузовых автомобилей, 550 тыс. зерноуборочных комбайнов и много другой техники. Поставки минеральных удобрений (в стандартных туках) в 1970 г. возрастут до 55 млн. т. При этом предусмотрено значительное улучшение качества удобрений и использование их на строго научной основе.

Особое внимание уделяется правильному

применению ядохимикатов и других средств борьбы с сорняками, вредными насекомыми и болезнями сельскохозяйственных культур, а также широкому внедрению в практику биологических методов борьбы с вредителями и болезнями растений.

Предусматривается резкое расширение работ по электрификации колхозов и совхозов, а также ряд других мероприятий, которые подводят под пятилетку сельского хозяйства прочную экономическую и материальную базу.

На основе роста технической вооруженности сельского хозяйства, его интенсификации, лучшей организации труда и повышения материальной заинтересованности тружеников сельского хозяйства производительность труда в сельском хозяйстве за пятилетие возрастет примерно на 40—45%.

Будет осуществлена широкая программа мелиоративных работ: осушение заболоченных и переувлажненных земель, известкование кислых почв, орошение в засушливых районах с неперенным сооружением коллекторно-дренажной сети, планировкой поливных участков и техническим переустройством уже действующих оросительных систем.

В связи с этим возрастет роль науки в развитии сельского хозяйства. От научно-исследовательских институтов потребуются разработка наиболее экономичных методов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства.

ДЛЯ БЛАГА ЧЕЛОВЕКА

Большой раздел в проекте Директив занимают меры, намечаемые для роста материального благосостояния и культурного уровня жизни народа. Это выразилось и в том, что за пять лет заработная плата рабочих и служащих в среднем возрастет не менее чем на 20%, и в том, что денежные и натуральные доходы колхозников от общественного хозяйства поднимутся на 35—40%, и в том, что не менее чем на 40% увеличатся денежные выплаты и льготы населению из общественных фондов потребления.

Однако и эти крупные задания по росту материального благосостояния — не предельны. Внедрение новых экономических методов хозяйствования, увеличение денежного фонда материального поощрения за счет улучшения работы предприятий дадут

возможность еще более повысить реальные доходы трудящихся.

Объем жилищного строительства возрастет в 1,3 раза, повышется качество и уровень благоустройства жилых домов. Больше внимания будет уделено планировке и застройке городов и поселков, улучшению их санитарного состояния. Необходимо более решительно бороться с загрязнением водных и воздушных бассейнов, усилить охрану природы, особенно в пригородных зонах.

Увеличивается продажа населению продуктов питания и промышленных товаров, причем будет значительно улучшена структура потребления. Для расширения ассортимента товаров намечается широкое применение химических волокон, высококачественных заменителей кожи, более прочных и ярких красителей. Это поможет выпускать изделия дешевые, добротные, красивые, современные.

Крупные меры намечены по дальнейшему развитию народного образования и подготовке кадров, а также медицинскому обслуживанию населения. Продукция медицинской промышленности увеличится более чем в 1,7 раза. Намечено расширить производство лекарственных препаратов для профилактики и лечения сердечно-сосудистых и психических заболеваний, туберкулеза, злокачественных новообразований, инфекционных и вирусных болезней.

В области культурного обслуживания предусматривается расширение сети учреждений культуры и искусства, более широкое развитие телевидения (в том числе и цветного). Значительно возрастут тиражи книг, журналов, газет, причем резко улучшится их полиграфическое исполнение.

ВСЮ МОЩЬ НАУКИ — ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРОГРЕССУ

Никогда в прошлом ни в одной социальной формации наука не играла такой революционной, преобразующей роли, как в нашем обществе, строящем коммунизм. Научный анализ, использование достижений передовой науки лежат в основе разрабатываемых Коммунистической партией планов развития народного хозяйства. Вместе с тем каждый из этих планов открывает перспективы новых больших свершений и для самой науки.

В проекте Директив XXIII съезда КПСС партия ставит важнейшую задачу: ускорить

научно-технический прогресс на основе широкого развития научных исследований и быстрого использования их результатов в производстве и внедрения изобретений. С предельной четкостью и глубиной дана в Директивах программа разносторонней исследовательской деятельности советской науки на всех ее главных направлениях, играющих решающую роль в техническом прогрессе.

Едва ли не отличительная особенность этой программы состоит в том, что, учитывая тенденции развития науки, партия выдвигает на первый план прогрессивные методы исследования, играющие огромную роль для развития многих отраслей знания и практики. В Директивах XXIII съезда даны указания предусмотреть в пятилетнем плане развитие исследований в области теоретической и прикладной математики, обеспечивающих широкое применение математических методов в различных отраслях науки и техники.

Математическая наука достигла в нашей стране значительных успехов и по многим направлениям занимает ведущее место в мире. Достижения советских математиков сыграли большую роль в создании кибернетики, высокий уровень достигнут в вычислительной математике. Советская математическая школа внесла большой вклад в развитие направлений, связанных с теорией процессов управления и конструирования вычислительных машин. Немало сделано в разработке линейного программирования, оказывающего огромное влияние на прогресс экономической науки и успешное применение ее в практике. Вместе с тем надо признать, что математические методы — это мощное и верное средство исследования — во многих областях знаний не заняли еще подобающего им места. Творческие усилия математиков должны быть направлены на дальнейшую разработку методов программирования, которые создадут прочную основу для еще большего расширения областей использования вычислительной техники, всемерной автоматизации производства, многих областей управления, интеллектуального труда и бытового обслуживания.

Широко известны успехи советских ученых в ядерной физике и разработке методов использования атомной энергии в мирных целях. За последние годы наша наука продвинулась вперед в изучении ядерных реакций, слабых взаимодействий, в получении

ряда новых изотопов, открытии новых элементов вплоть до 104. Совершенствование советской ускорительной техники позволило ее использовать в химической технологии, в ряде производственных процессов металлургии, пищевой промышленности, в медицине и др.

В новом пятилетнем плане предусматривается дальнейшее развитие исследований в ядерной физике и физике твердого тела для широкого использования их результатов в различных отраслях науки и техники, а также дальнейшая разработка проблемы управляемого термоядерного синтеза и создание новых конструкционных и других материалов. Особенно важно получить такие материалы высокой прочности для нужд современного машиностроения, где к изготавливаемой продукции предъявляются повышенные требования (прочность, температура эксплуатации и т. д.). Необходимы жаропрочные материалы, которые обеспечат прогресс энергетики, авиации, химии и других отраслей народного хозяйства.

Современный технический прогресс ныне зависит уже от таких областей знания, практическая реализация которых еще недавно относилась к далекому будущему. В самом деле, весьма знаменательно, что в новом пятилетнем плане дальнейшее изучение космического пространства предусмотрено для использования и совершенствования радиосвязи, радионавигации, телевидения, метеорологической службы и других практических целей.

Наша страна, открывшая миру путь в космическое пространство, в истекшем семилетии достигла в этой области ряда новых исторических побед. Посылка космических ракет к Луне, фотографирование невидимой ее стороны, первые полеты в космос и первые выходы человека в космическое пространство, запуск автоматических станций к Венере и многочисленных спутников типа «Космос», общее число которых превысило цифру 100 — все это принесло и продолжает приносить человечеству ценнейшие сведения о физических условиях космического пространства в верхней атмосфере Земли. Крупнейшим событием в науке всех времен явилось осуществление 3 февраля 1966 г. мягкой посадки на поверхность Луны автоматической станции, передавшей со своего борта изображение лунного ландшафта. Трудно переоценить это выдающееся научное достижение, дальнейшие результаты ко-

торого наша страна ощутит уже в ближайшие годы. Примеры практического использования результатов космических исследований для связи и телевидения (в том числе и цветного) уже наглядно продемонстрированы при помощи спутника «Молния-1». Нет сомнения, что наши ученые уже в предстоящем пятилетии принесут еще много нового в этой области и советский народ будет пожинать плоды реализации фундаментальных космических работ в нашей земной практике.

Расширяя и углубляя изучение космического пространства, советская наука, однако, не ослабляет своих усилий в исследовании родной планеты. За последнее семилетие значительно продвинулись вперед многие ответвления науки о Земле. Ряд успехов в изучении внешнего гравитационного поля и фигуры Земли дали возможность уточнить представления о внутреннем строении нашей планеты.

Геологическая наука продвинулась вперед в установлении закономерностей расположения месторождений полезных ископаемых. На их основе открыты крупные месторождения нефти и газа — в Западной Сибири, Якутии, Западном Казахстане, Туркмении, Украине и Белоруссии; руд черных и цветных металлов, а также минерального сырья во многих зонах нашей страны. Для дальнейшего развития нашей промышленности имеют большое значение выявленные недавно месторождения меди в Забайкалье и на Урале, богатых медно-никелевых руд в районе Норильска. Новый пятилетний план, как это видно из проекта Директив, значительно расширяет перспективу изучения земной коры и закономерностей размещения полезных ископаемых. Геология и связанные с ней дисциплины должны более смело и решительно применять новейшие методы исследования, в том числе кибернетические, значительно убыстряющие процесс поисков полезных ископаемых, экономящие силы и средства.

Мировая история развития науки и техники не знает столь огромных масштабов и быстрых темпов, какие характерны для прогресса большой химии в нашей стране за истекшее семилетие. Созданная мощная производственная база вместе с тем позволяет эффективно проверять результаты теоретических исследований. Для нынешнего периода характерно развитие теории и практики использования возможностей высокомолекулярных сое-

динений при сложных химических превращениях, совершенствование процессов полимеризации. Разработка теории структур элементоорганических соединений позволила синтезировать ряд новых материалов, обладающих высокой термической стойкостью, стабильностью при радиационных воздействиях, создать новые виды топлива, лекарственных препаратов, моющих средств. Использование модификации свойств полимеров, кремнийорганических, фосфорорганических и фторорганических соединений, разработка новых методов очистки веществ, новых оригинальных технологических приемов на основе математического моделирования — все это безусловно создает мощную базу для того, чтобы в новом пятилетии наша страна успешно выполнила предусмотренные в Директивах грандиозные задачи в области химии. Важно только, чтобы наши химики концентрировали свои усилия на решении уже начатых разработок и перспективных проблемах, особенно в области химической технологии.

Характерная черта научно-технической революции нашего времени состоит в том, что в техническом прогрессе активно участвуют такие области естествознания, которые еще недавно относились к описательным наукам, а ныне все более завоевывают передовые позиции. За последнее семилетие значительно расширились исследования жизненных явлений на молекулярном уровне с использованием методов физики, химии, кибернетики, средств электроники. Молекулярная биология, биохимия, биофизика, цитология, микробиология результатами своих тонких и сложных исследований обогащают ныне производство, в особенности пищевую и медицинскую промышленность, сельское хозяйство, открывают путь новым методам и технологическим процессам получения необходимых стране продуктов, лекарственных веществ. Нормализация положения в биологической науке создала благоприятные условия для развития общебиологических дисциплин, которые до сих пор отставали. Ныне активизируются как раз те направления биологии (в том числе генетика и ее новейшие ответвления), которые дают огромный выход в практику. Важное значение для сельскохозяйственного производства имеет экспериментальная полиплоидия, метод инбридинга с его широкими возможностями развития гетерозиса ряда полевых культур и повышения их урожайности.

Сейчас созданы самые благоприятные условия для работы всех исследователей-биологов, и в предстоящем пятилетии сельское хозяйство несомненно получит ряд новых высокоурожайных сортов полевых и технических культур, новых пород животных, продвигается вперед разработка всех вопросов генетики, в том числе и генетики наследственных заболеваний.

Как бы успешно ни проводилась научная работа, ее значение для общего прогресса естествознания и для блага народа зависит всецело от эффективности исследований и внедрения их результатов в практику. Естественно, что в проекте Директив этому уделено большое внимание. Партия предлагает сосредоточить научные силы и материальные ресурсы на решении основных проблем науки и техники, дающих максимальный экономический эффект; укрепить опытно-производственную базу институтов и предприятий; оснастить лаборатории новейшим оборудованием. Эти насущные проблемы должны стоять в центре внимания. Многое зависит и

от подготовки кадров, постоянного обновления их и отбора людей, действительно способных к научной деятельности, особенно молодежи.

Два прошедших за последнее время Общих собрания Академии наук СССР привлекли внимание всех ученых к наиболее актуальным вопросам развития народного хозяйства. В докладах и выступлениях ученых горячо обсуждались насущные проблемы экономического развития страны, эффективности общественного производства, совершенствования планирования, подъема экономической науки, теории планового руководства народным хозяйством на базе глубокого изучения и использования экономических законов социализма. В обсуждаемом ныне проекте Директив XIII съезда дана уже конкретная программа действий всех советских людей. Новый пятилетний план расширит просторы для творческих замыслов, новых идей и быстрой реализации их в производстве на благо всего народа, на благо строительства коммунизма.

ВЫМПЕЛ СССР НА ВЕНЕРЕ

НОВАЯ КРУПНАЯ ПОБЕДА СОВЕТСКОЙ НАУКИ

После замечательной победы советской науки и техники — осуществления 3 февраля 1966 г. мягкой посадки на Луну автоматической космической станции «Луна-9» и передачи на Землю панорамы Луны, — весь мир обошло новое важное сообщение о блистательном успехе наших ученых, конструкторов, инженеров и рабочих.

1 марта 1966 г. в 9 час. 56 мин. московского времени автоматическая станция «Венера-3» после трех с половиной месяцев полета в космическом пространстве достигла планеты Венера и доставила на ее поверхность вымпел с Гербом Союза Советских Социалистических Республик.

Точная встреча автоматической станции с планетой была обеспечена успешно проведенной 26 декабря 1965 г. коррекцией траектории полета станции. Во время всего полета со станцией поддерживалась регулярная радиосвязь и производился прием научной информации. При сближении стан-

ции с планетой Венера на заключительном этапе сеанс связи не состоялся.

Другая автоматическая межпланетная станция «Венера-2», запущенная 12 ноября 1965 г., продолжая свой полет по гелиоцентрической орбите, 27 февраля 1966 г. в 5 час. 52 мин. московского времени прошла на расстоянии 24 тысяч километров от поверхности Венеры.

Полет станции на заданном удалении от планеты без проведения коррекции был обеспечен только за счет точного выведения ее на межпланетную траекторию.

Эксперименты, выполненные с помощью автоматических станций «Венера-2» и «Венера-3», позволили решить ряд принципиально новых задач межпланетных полетов и получить новые научные данные. Материалы полета этих станций обрабатываются и изучаются.

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ СИМБИОЗ

Член-корреспондент АН СССР В. Л. Рыжков

Симбиоз в переводе значит совместная жизнь. Обычно под этим названием понимают такую форму совместной жизни организмов, принадлежащих к разным видам, которая оказывается для них взаимопользительной. Степень полезности этой совместной жизни для видов, вступающих в симбиоз, может быть различной; представитель одного вида может выигрывать больше, чем представитель другого. Не следует также полностью противопоставлять симбиоз как совместное взаимопользительное сожительство другим связям между организмами, даже таким, которые известны под названием паразитизма. В ряде случаев взаимопользительное сожительство может перейти в сожительство, приносящее одностороннюю пользу, т. е. в те или иные формы паразитизма.

В этой статье мы имеем в виду рассмотреть случаи наиболее тесного симбиоза, при котором один из компонентов сожительства обитает в клетках другого. История изучения внутриклеточного симбиоза началась еще в первой половине прошлого века и продолжается до настоящего времени. За самые последние годы к изучению внутриклеточного симбиоза были применены новые точные методы: и электронная микроскопия, и метод меченых атомов. Кроме того, надо учитывать открытие форм, которые по своим размерам лежат на уровне размеров крупных молекул. Открытие вирусов поставило новые вопросы внутриклеточного симбиоза. Вот по этим причинам нам и хотелось здесь вернуться по существу к старой проблеме **внутриклеточного симбиоза**.

ЗАГАДКА ЖИВОТНОГО ХЛОРОФИЛЛА

В 50-х годах прошлого века микроскописты среди обитателей капли воды обнаружили целый ряд мелких животных, в том числе одноклеточных, как амеба или инфузории, в которых содержались зеленоокрашенные зернышки. Эти находки всех очень заинтересовали. Было принято считать, что зеленое красящее вещество — **хлорофилл**, благодаря которому растение осуществляет фотосинтез, — имеется только у растений, а тут было обнаружено у животных вещество, очень похожее на хлорофилл. Чем больше изучали это вещество, тем более

убеждались в том, что оно либо очень сходно с хлорофиллом, либо даже тождественно с ним. Поэтому стали говорить о **животном хлорофилле**. Первая брешь в этих представлениях о существовании особого животного хлорофилла была пробита в 1871 г. знаменитым русским ботаником и микробиологом Л. С. Ценковским. Он изучал одноклеточных животных — радиолярий, в которых обнаружили желто-зеленые окрашенные зернышки. Ему удалось высвободить эти зернышки из радиолярий. После того как радиолярия умирала, зернышки оставались живыми и даже размножались. Так Л. С. Ценковский убедился в том, что эти зернышки, содержащие кроме желтой окраски еще и хлорофилл, не принадлежат собственно радиолярии, а представляют собою водоросли, обитающие внутри нее. Л. С. Ценковский считал эти водоросли **паразитами**. В дальнейшем оказалось, что отношения между радиолярией и водорослями **симбиотичны**, но так или иначе впервые было показано, что тельца, содержащие хлорофилл в животной клетке, могут быть водорослями, в ней обитающими.

В 1876 г. венгерский ученый Геца Энтц впервые доказал и для чисто зеленых зернышек, встречающихся в клетках животных, что они представляют собой водоросли. Он также думал, что эти водоросли паразитируют в животной клетке.

Различные многоклеточные животные также могут содержать в своих клетках сим-

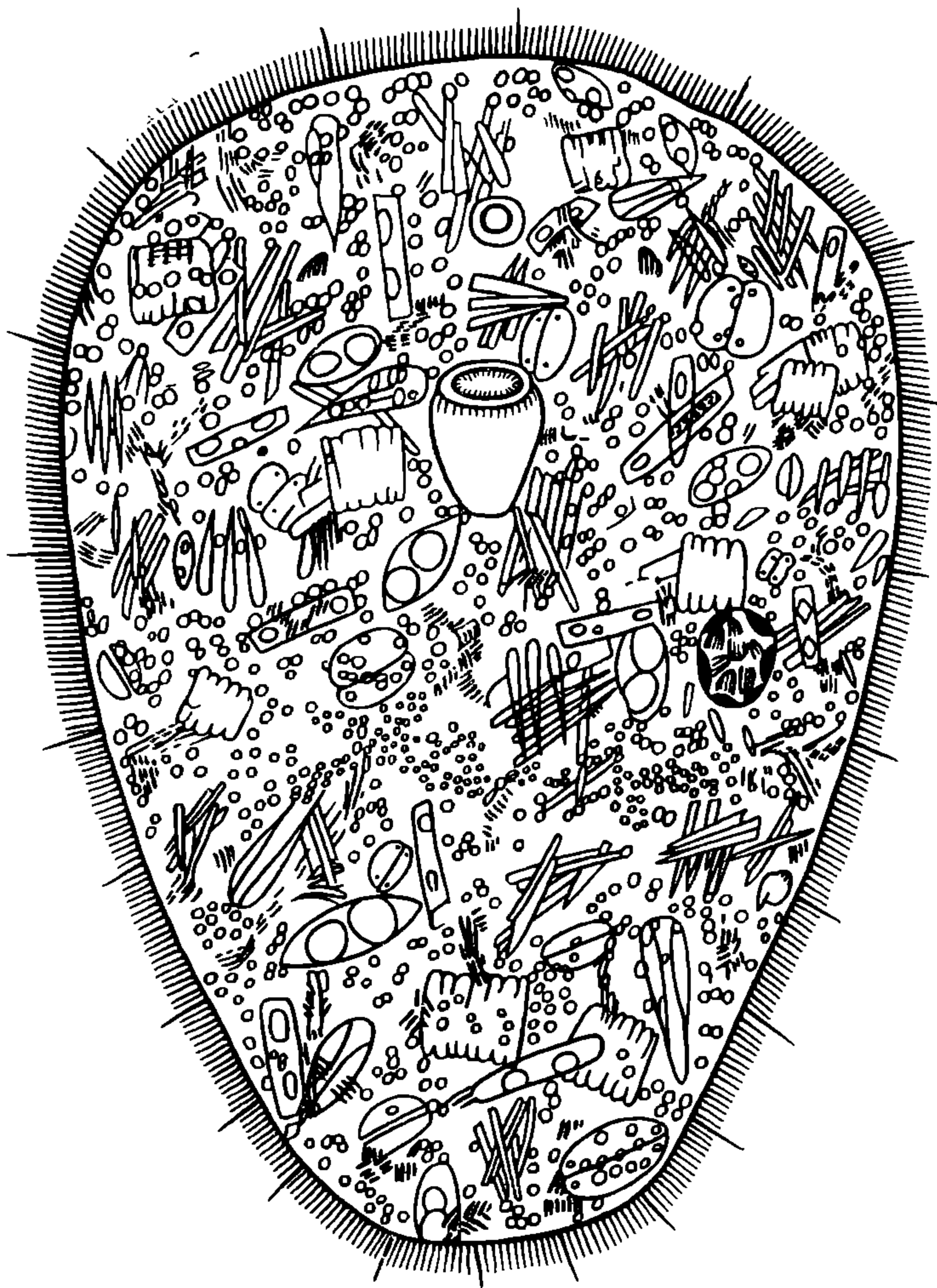


Рис. 1. Конволюта (по П. Бузнеру)

биотические водоросли. Особенно интересным примером является микроскопический плоский червь — конволюта (рис. 1). В клетках конволюты обитают водоросли. Некоторые из них принадлежат к хламидомонадам. Эти водоросли в свободном состоянии снабжены жгутиками и подвижны, но в клетках конволюты они неподвижны. Один из видов конволюты живет у берегов Феодосии. Он описан В. Н. Беклемишевым. У одного вида конволюты обнаружены в качестве симбиотических существ диатомовые водоросли, своеобразные организмы, имеющие кремневую оболочку и желто-зеленую окраску.

Легко понять, какую пользу водоросли приносят животному, в котором они обитают: ведь водоросль способна к фотосинтезу, т. е. за счет энергии солнечного света она может усваивать углекислый газ и из минеральных веществ строить органическое вещество. Конволюта полностью живет за счет деятельности обитающей в ней водоросли. Об этом можно судить по тому, что кишечник

ее зарос клетками и самостоятельно она добывает недостаточно пищи.

Полезна ли чем-нибудь конволюта для водоросли? Несомненно, это так. В процессе жизнедеятельности она выделяет различные отбросы, среди них не только углекислый газ, который водоросль тут же использует для построения органических веществ, но и отбросы белкового обмена. Так, среди этих последних конволюта откладывает в своем теле мочевую кислоту, которая содержит азот, ценнейший элемент для водоросли, так как окружающая среда им бедна, и водоросль усваивает мочевую кислоту, строя за счет нее белок. Конволюта не имеет даже органов выделения, при помощи которых она могла бы выводить мочевую кислоту из своего тела. Таким образом, можно сказать, что в теле плоского червя осуществляется тот самый круговорот веществ, который существует в природе между зелеными растениями и миром животных.

Несомненно, везде, где мы встречаем симбиоз зеленых растений с животными, имеет место такой же взаимопользительный обмен между симбионтами. У конволюты симбиотический организм в яйца не попадает, но обычно вокруг кокона, который содержит яйца, откладывается большое количество водорослей, и когда молодые животные выходят из яиц, они тут же заражаются водорослями. Если заражение почему-либо не произойдет, конволюта погибает. Любопытно, что в старости конволюте, по-видимому, начинает не хватать того питания, которое она получает от водорослей, и равновесие, существовавшее между конволютой и водорослями, нарушается: клетки червя переваривают клетки водорослей. Конволюта после этого еще некоторое время живет, но вскоре умирает, так как жить без симбиотического организма она не может.

На этом примере мы видим справедливость положения, высказанного в начале этой статьи, что отношение между симбиотическими организмами могут иногда утрачивать свой первоначальный гармоничный характер.

У очень многих организмов связи с симбионтами более прочны, чем у конволюты, в том смысле, что заражение симбиотическим организмом происходит еще на стадии яйцеклетки. Такие отношения мы наблюдаем, например, у гидры. На рис. 2 можно ви-

деть, как одноклеточные водоросли проникают в гидру. Недавно методом меченых (радиоактивных) элементов изучали значение водорослей для гидры. Оказалось, что 10% углекислого газа, который усваивается водорослью, достается клеткам гидры, и гидра, имеющая в своих клетках симбиотические водоросли, использует углекислого газа в 50—100 раз больше, чем гидра без таких клеток.

Симбиоз животных с водорослями очень широко распространен среди пресноводных и морских организмов. Мы встречаем его, например, у кораллов. Одна личинка некоторых кораллов размером до 1 мм содержит до 7400, а более крупная — до 25 000 водорослей.

ПОЛИКРАТЫ СРЕДИ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Согласно преданию, Поликрат, правитель острова Самоса, живший в VI в. до н. э., был счастливейшим человеком. Опасаясь гнева завистливых богов, он принес им жертву, бросив в море свой любимейший драгоценный перстень. Каков же был ужас его приближенных, когда на другой день повар Поликрата, потроша рыбу, вынул этот перстень из ее желудка и поспешил вернуть Поликрату! Эта легенда хорошо описана в известной балладе Ф. Шиллера «Поликратов перстень». Однако здесь мы имеем в виду говорить о водорослях. Нелегко вернуть то, что отдельные виды теряют в процессе своей эволюции, но вот некоторым водорослям это удалось. Многие водоросли в процессе эволюции утратили хлорофилл, а следовательно, и то преимущество, которое имеют зеленые растения. Эти бесцветные водоросли вынуждены питаться органическими веществами. Однако некоторые из таких бесцветных водорослей снова приобретают хлорофиллоносный аппарат совершенно неожиданным путем. Целый ряд таких организмов был описан замечательным русским ботаником А. А. Коршиковым (1899—1942), который был убит фашистами во время оккупации Украины. В бесхлорофильных водорослях, о которых идет речь, поселились сине-зеленые дробянки. Эти организмы, по своему строению близкие к бактериям, содержат в своих клетках хлорофилл, а также другой синий пигмент, которые вместе сообщают

этим водорослям сине-зеленую окраску. Благодаря симбиотическому организму эти водоросли снова приобрели способность жить, подобно зеленым растениям, за счет минеральных веществ.

ТРУДНОДОСТУПНОЕ ПИТАНИЕ И СИМБИОЗ

Очень часто в основе симбиоза лежит выгода, которую один из организмов получает потому, что другой облегчает ему добычу и переваривание пищи. Несомненно, что такое явление играет роль при симбиозе высших растений с грибами, который очень широко распространен. У очень многих высших растений на корнях развиваются тонкие нити грибов. Эти грибки, описанные в 1880—1886 гг. Ф. М. Каменским, часто проникают внутрь клеток корня (их называют микоризой). Грибки помогают корням

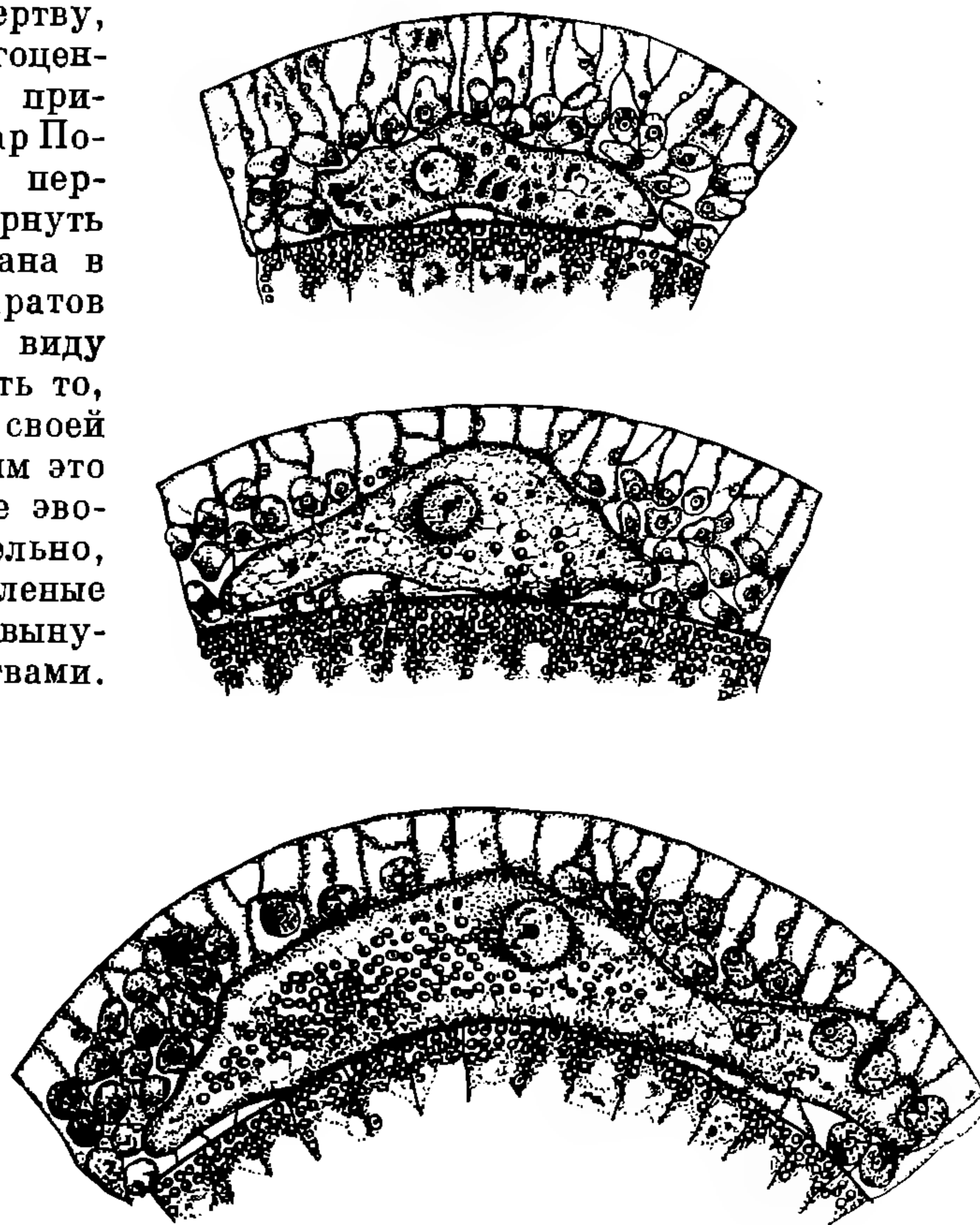


Рис. 2. Клетки зеленой гидры. Самая крупная — яйцо; видно, как в него проникают водоросли (по П. Бухнеру)

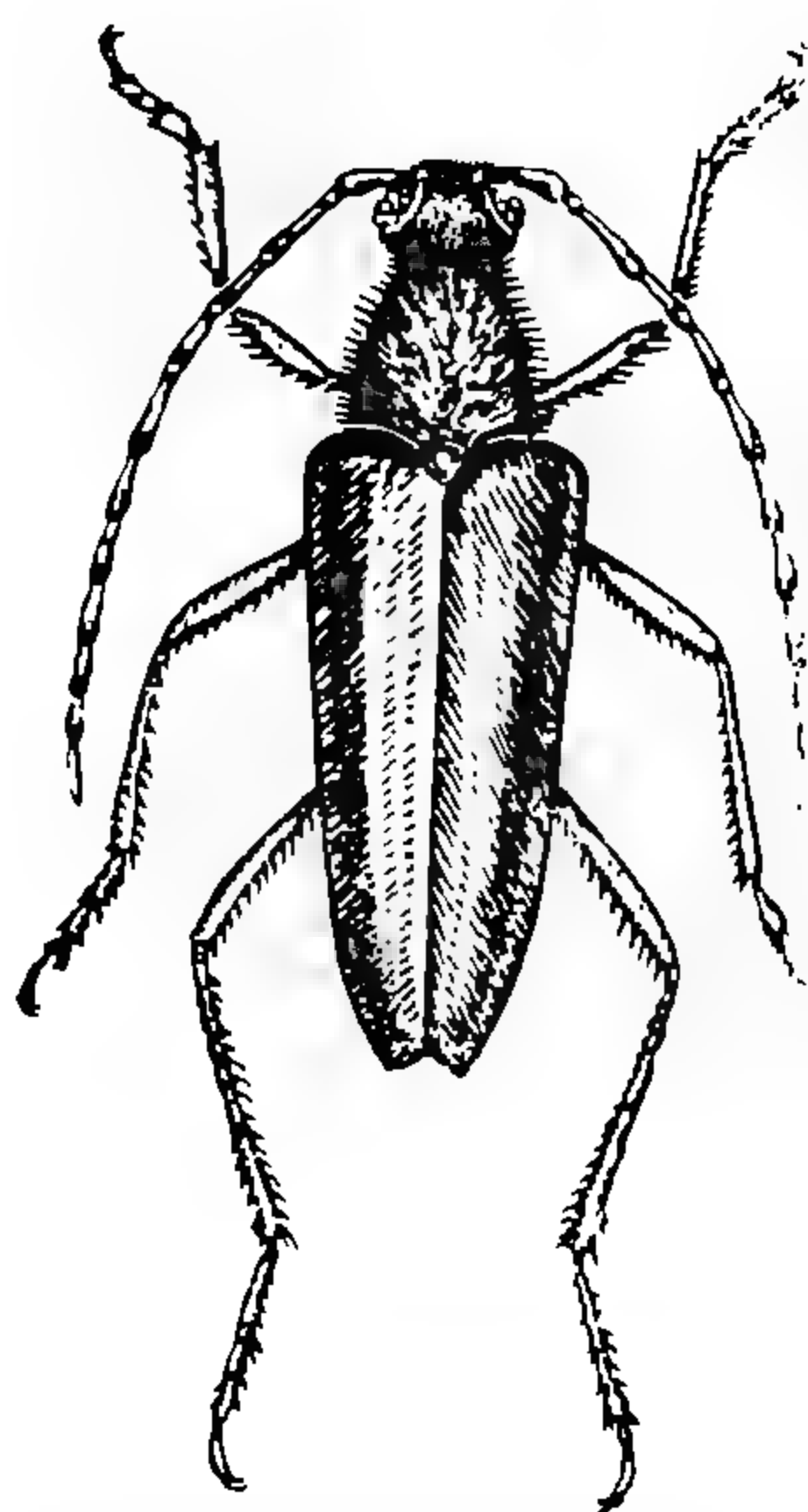


Рис. 3. Жук-дровосек
лептура (по Келеру)

всасывать из почвы влагу, но не способны сами к ассимиляции углекислого газа, и, обитая на корнях высших растений, они получают от него часть органических веществ. Иногда этот симбиоз грибов и высших растений заходит очень далеко, как, например, у орхидей. Орхидеи всегда живут в симбиозе с грибами, и уже семена их заражены грибом. Если культивировать орхидею без грибка, то придется прибегать к особым искусственным приемам, потому что нормальное раз-

витие орхидей без соответствующих грибов невозможно.

Симбиотические организмы встречаются у всех жуков-дровосеков, личинки которых проделывают ходы в древесине и ею питаются. У этих жуков есть даже особые органы, как их называют — симбиоорганы, которые переполнены симбиотическими дрожжевыми грибами или другими микробами (рис. 3, 4). Предполагается, что эти организмы помогают переваривать древесину. Некоторые насекомые, обитающие на перьях голубей, питаются роговым веществом (например, колумбикола). Это насекомое содержит в своем теле симбиотический организм, причем можно проследить, как симбиотические микробы проникают уже в яйцеклетки, как они сохраняются в течение всего развития насекомого. Это показано на соответствующей схеме (рис. 5).

Клещи, питающиеся кровью высших животных, обычно имеют в своем теле специальные симбиоорганы, переполненные симбиотическими бактериями (рис. 6). Этим бактериям приписывается также роль в переваривании крови. Можно сказать, что не только клещи, но и все сосущие кровь насекомые, как обыкновенные клопы, вши и т. д., имеют специальные симбиоорганы, в которых обитают бактерии, помогающие им переваривать кровь. Обычно заражение яйцеклеток симбиотическими бактериями происходит еще в теле самки.

Не только насекомые, сосущие кровь, но и сосущие соки растений, обычно снабжены симбиотическими микробами. Особенно богаты ими цикадки. Встречаются виды цикадок, которые имеют в своем теле до пяти разных симбиотических микробов.

СИМБИОЗ И ВИТАМИНЫ

Как мы видели на примере отношений между водорослями и животными в целом ряде случаев взаимопомощь между симбиотическими организмами устанавливается на почве различия их обмена веществ. Один из компонентов доставляет другому то, чего сам не может приготовить в результате своего обмена веществ.

Хлебный точильщик имеет в клетках своего тела дрожжевой грибок. Самка точильщика, откладывая яйца при помощи особого аппарата, имеющегося у нее в теле, прикрепляет клетки грибка к яичной оболочке (рис. 7). Личинки выходят из яиц, прогрызая оболочку, при этом они заглатывают дрожжи и заражаются ими. При помощи дезинфицирующих веществ можно удалить с поверхности яиц точильщика дрожжи. Вылупившиеся из таких яиц личинки вынуждены жить без дрожжевого грибка. Как видно на рис. 8, эти личинки развиваются слабо, и надо сказать, что без симбиотического организма из личинок вырастают только самцы,

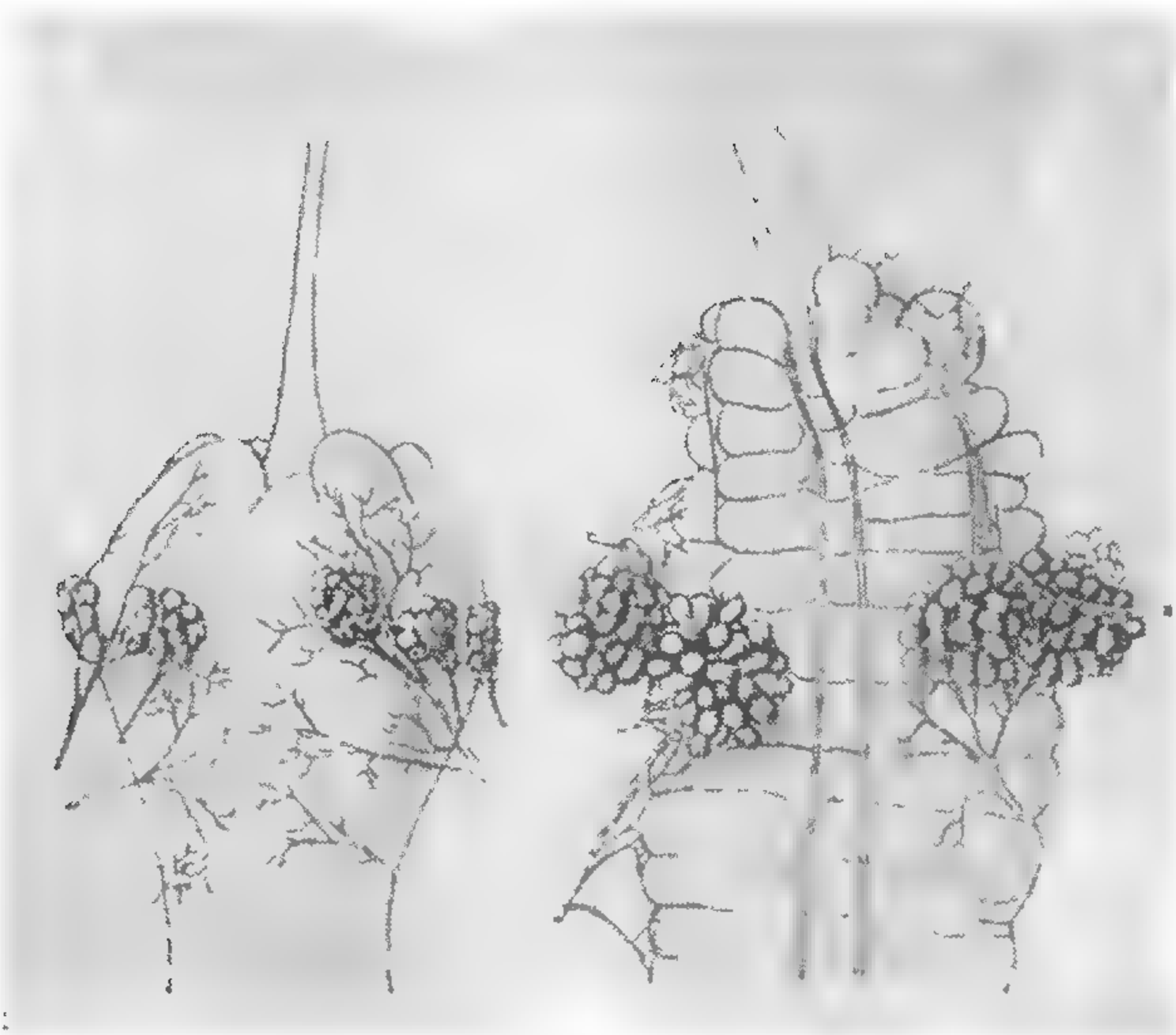


Рис. 4. Часть кишечника личинки жука-дровосека
лептуры, видны симбиоорганы (по П. Бухнеру)

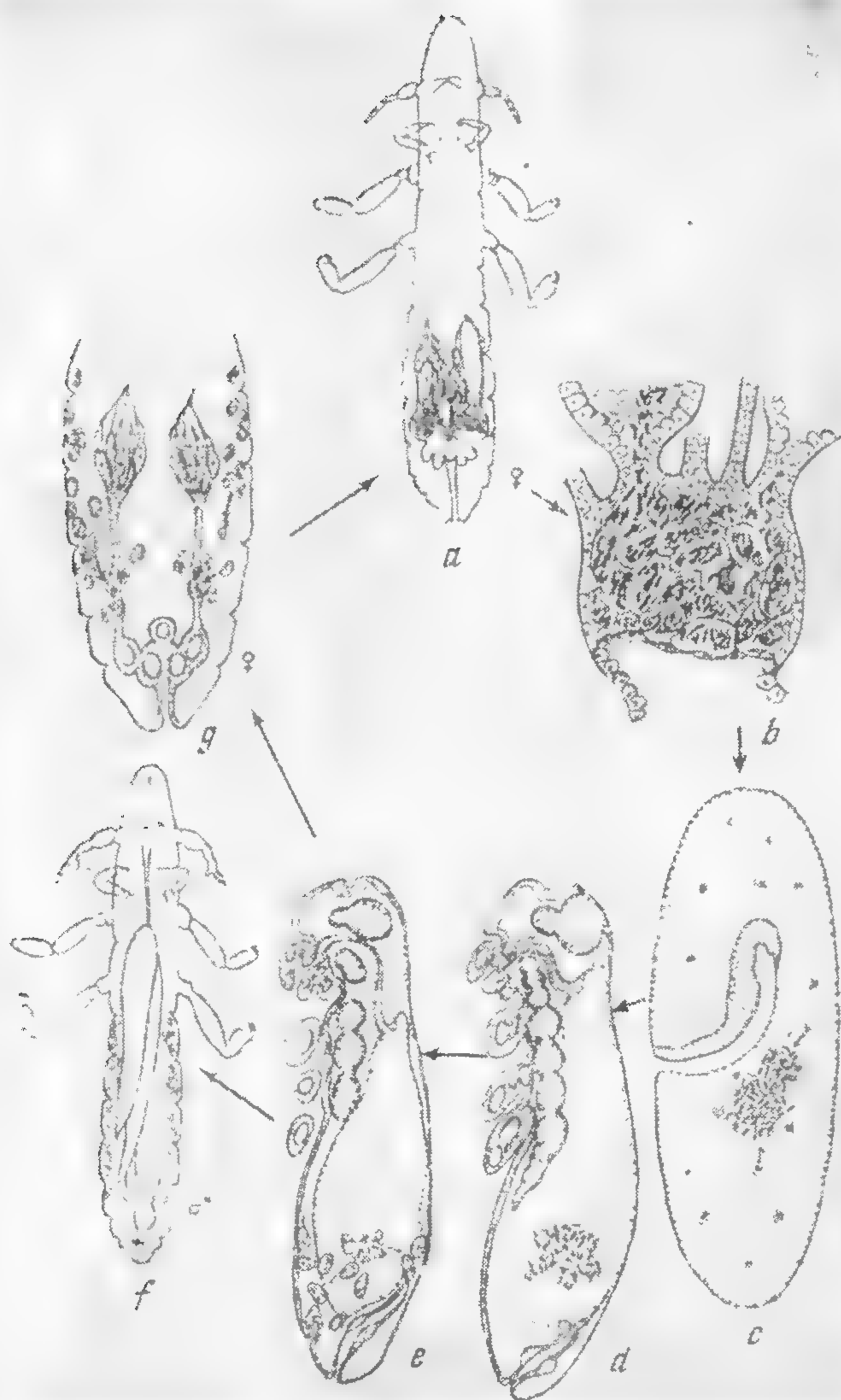


Рис. 5. Цикл развития колумбикола: а — зрелая самка — симбионты находятся в особой ампуле возле яичников, б — симбионты переходят из ампулы в незрелые яйцеклетки; с — симбионты лежат в желтке развивающегося яйца; д — симбионты проникли в полость эмбрионального кишечника; е — симбионты в полости тела; ф — самец с симбионтами в подкожном слое; г — симбионты в теле самки проникают в ампулы возле яичников (по П. Бухнеру)

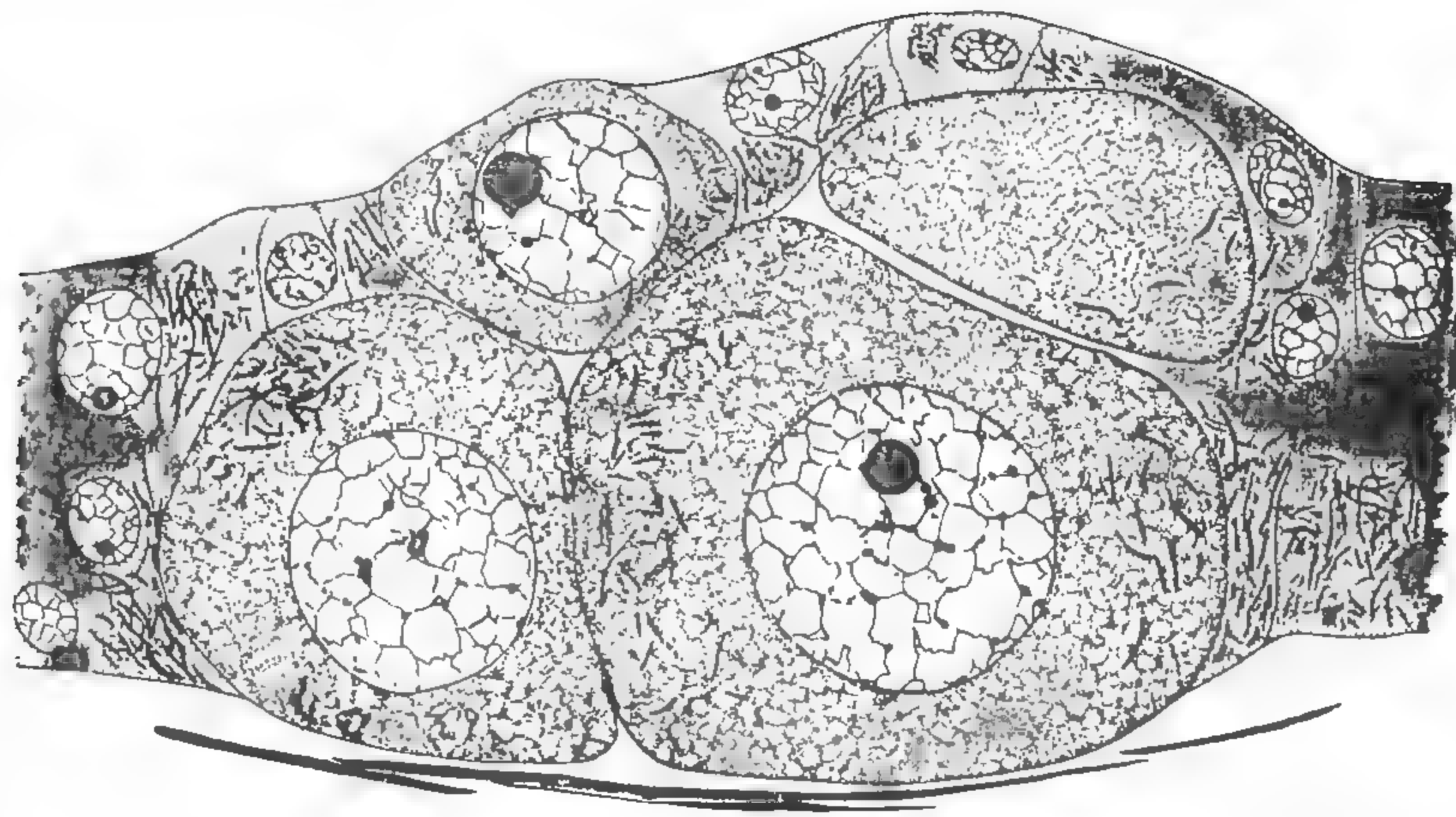


Рис. 6. Начальные стадии заражения яйцеклеток клеща *Ixodes hexagonus* бактериями (по П. Бухнеру)

тогда как если заражение грибом происходит, развиваются и самцы и самки! В чем состоит главное назначение грибка для точильщика, видно из того, что если в корм личинки вводить дрожжевой экстракт, то она развивается почти нормально. Очевидно, симбиотический организм доставляет точильщику недостающие в его пище витамины.

В последнее время, благодаря наличию антибиотиков, их стали применять, чтобы «вылечить» организм хозяина от симбиотических компонентов. Такой метод применяется, например, к некоторым видам тараканов. Если при помощи пенициллина у американского таракана (*Periplaneta americana*) удалить бактерии, то этот таракан некоторое время продолжает жить потому, что доза пенициллина, даже в 100 раз большая, чем та, которая убивает бактерии, для него не опасна. Однако освобожденный от симбиотического компонента, он вскоре погибает. Можно привести целый ряд других примеров того, как симбиотический организм помогает своему хозяину усваивать те или иные питательные вещества. Обыкновенный желтый таракан, или пруссак, имеет симбиотические дрожжи, которые помогают ему усваивать минеральную серу, как это было недавно показано путем применения сернокислого натрия с радиоактивной серой. Если у таракана имеется симбиотический организм, то радиоактивная сера включается в такие органические вещества, как глутатион, метионин, цистеин и т. д. Если таракана освободить от симбиотических грибков, то радиоактивный



Рис. 7. Заражение симбиотическими дрожжами личинок хлебного точильщика; слева — аппарат для яйцекладки с яичником; справа сверху — кусок скорлупы яйца с дрожжевыми клетками; справа снизу — личинки выходят из яиц; слева снизу — дрожжи в клетках стенки кишечника (по П. Бухнеру)

серноокислый натрий не претерпевает в организме таракана дальнейших превращений.

Симбиоз, основанный на различии обмена веществ, встречается также у низших одноклеточных. Недавно он был обнаружен у трипанозом. Трипанозомы нуждаются в большом количестве различных органических веществ. В частности, почти все трипанозомы, чтобы размножиться, требуют 12 разных аминокислот и, кроме того, гемоглобин. Уже много лет известен один вид трипанозом (*Critidia oncopelis*), который не нуждается в гемоглобине, имеет потребность только в 4, а не в 12 аминокислотах. Это своеобразное поведение трипанозомы долгое время казалось очень удивительным. Но однажды эти трипанозомы утратили свое преимущество в процессе культивирования в лаборатории и стали похожи на своих близких родичей. Они не могли синтезировать вещества, близкие к гемоглобину, и нуждались в 12 аминокислотах. Сначала не могли понять, в чем дело, но потом обнаружили, что у рассматриваемой трипанозомы в клетках обитают бактерии, а трипанозома, вернувшаяся в своих потребностях к родичам, бактерий не имела. Следовательно, своеобразие трипанозомы за-

висело не от нее самой, а от того, что в ней обитали симбиотические бактерии, которые за нее синтезировали близкие к гемоглобину вещества и недостающие аминокислоты. Когда трипанозома потеряла эти бактерии, она стала нуждаться в этих веществах, как и ее близкие родичи. Что это верно, было строго доказано. Под электронным микроскопом было описано «строение» симбиотических палочек, и оно оказалось типичным для бактерий. Кроме того, изучение обмена веществ трипанозомы показало, что аминокислоту лизин она синтезирует путем, характерным для бактерий. Очевидно, аминокислоту лизин синтезирует не сама трипанозома, так же как и другие недостающие аминокислоты, а симбиотические бактерии.

ЗАЩИТА ОТ АНТИБИОТИКОВ

Раз уж мы заговорили о симбиозе между столь мелкими организмами, как трипанозома и бактерии, можно спуститься еще ниже, в мир простейших форм жизни, и говорить о симбиозе на молекулярном уровне, потому что речь будет идти о взаимоотношениях бактерий с формами, размер которых лежит в области крупных молекул. Недавно в Японии были обнаружены бактерии, которые устойчивы сразу к четырем лекарственным веществам, — к сульфонамидам, например, стрептоциду, тетрациклину, стрептомицину и хлорамфениколу. Все это очень мощные лекарства, по большей части успешно помогающие к борьбе с инфекционными болезнями. Но тут, на несчастье больных и клиник, в которых эти больные подвергались лечению, были обнаружены расы бактерий, не поддающихся ни одному из этих антибиотиков. В дальнейшем было обнаружено, что это новое свойство зависит от того, что в бактериях обитает какой-то агент, сообщаящий бактериям устойчивость. Этот агент инфекционен в том смысле, что может заражать другие бактерии, сообщая им устойчивость. До сих пор его не удалось увидеть, хотя поведение его во многих отношениях изучено очень тщательно.

Существует в бактериях и целый ряд других подобных агентов, которые получили название эписом. Иногда эписомы при-

крепляются к нити ДНК¹ бактерии, в других же случаях эписомы лежат просто в цитоплазме бактерии. Особенность некоторых эписом заключается в том, что они так изменяют поверхность клетки бактерии, в которой они обитают, что эта бактерия входит в соединение с другими, не несущими эписом бактериями, а при таком соединении, отчасти напоминающем половой процесс, происходит заражение эписомами той бактерии, в которой этих образований сначала не было.

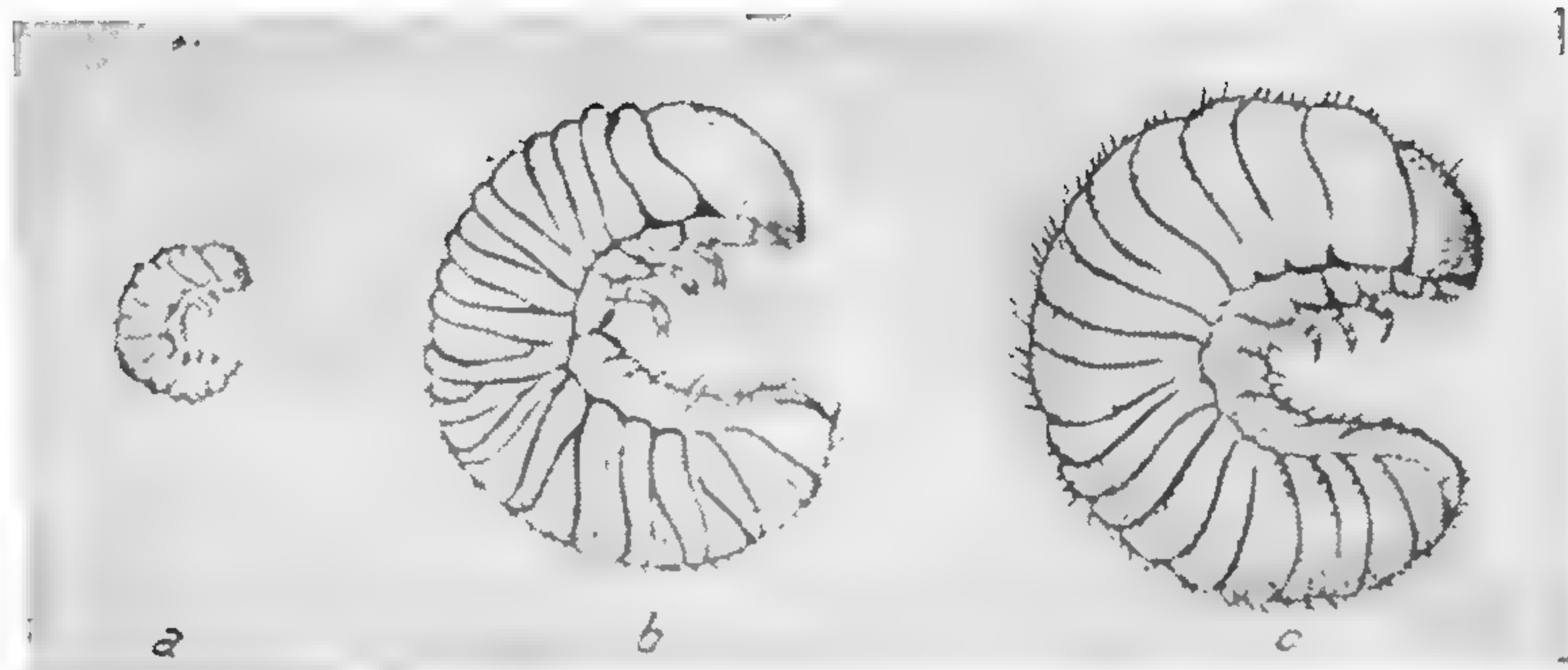


Рис. 8. Личинки хлебного точильщика в возрасте 10 недель; *a* — без симбионта, *b* — без симбионта, но с добавлением к пище сухих дрожжей; *c* — естественно зараженная дрожжами (по П. Бухнеру)

«УБИЙЦЫ» НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

Эписомы по своему поведению очень подобны так называемым латентным фагам. Как известно, бактериофаг — это вирус, поражающий бактерии и вызывающий их растворение. Однако встречаются так называемые умеренные фаги, которые могут проникать в бактерию и переходить там в такое состояние, в котором они не созревают и продолжают обитать в клетке бактерии, не принося ей ущерба. Бактерии, приобретшие такой фаг, иногда меняют целый ряд своих свойств. Отношения между фагом и бактерией можно рассматривать как отношения симбиотические. Бактерии, несущие латентный фаг, называются лизогенными, потому что отдельные их клетки выделяют фаг, и при этом фаг может поражать чувствительные бактерии, вызывая их лизис. Лизогенные бактерии можно назвать бактериями-убийцами: они способны благодаря своему фагу убивать бактерии своего вида, но свободные от латентного фага.

Мы говорили здесь о явлениях лизогении, которая известна читателям «Природы» из других статей, потому что эписомы, несомненно, очень близки к бактериофагам. Существует большое число разных видов эписом, нас могут особенно интересовать так называемые колициногенные эписомы. Колицином называется вещество, вырабатываемое некоторыми кишеч-

ными бактериями, например кишечной палочкой, способное убивать другие кишечные бактерии. Оказалось, что способность вырабатывать колицин свойственна не всем бактериям данного вида, а только отдельным расам этих бактерий, причем было установлено, что способность вырабатывать колицин зависит от «заражения» бактерий особого рода эписомами. Известен целый ряд разных видов колицина и целый ряд разных эписом. В данном случае симбиотические эписомы определенного вида вырабатывают и определенный вид колицина. Некоторые колициногенные эписомы способны вызывать подобие полового процесса, при котором две бактерии входят в тесное соприкосновение, и эписомы переходят из одной бактерии в другую, сообщая этой последней колициногенные свойства. Уже давно было обращено внимание на то, что колициногенность сходна с лизогенностью. Совсем недавно получено блестящее подтверждение этого. В электронный микроскоп рассматривали жидкость, содержащую пиоцин, который является одной из разновидностей колицина. Неожиданно оказалось, что частицы пиоцина по своему строению неотличимы от отростков, свойственных бактериофагу, и являются как бы обломками бактериофага или, правильнее сказать, недоразвитыми оболочками бактериофага. Очевидно, эписомы, вырабатывающие пиоцин, являются не чем другим, как симбиотическим бактериофагом. Эписом пока не удавалось увидеть. Косвенные данные позволяют утверждать, что они содержат в своем составе ДНК. В данном случае симбиоз существует в полном смысле слова на молекулярном уровне. Однако в некоторых случаях симбионты-убийцы более крупны, и тогда их можно изучать более подробно. К числу этих последних

¹ ДНК — сокращенное наименование дезоксирибозной нуклеиновой кислоты, из нитей которой построена самая существенная часть хромосом. У бактерий нет настоящих хромосом, но их роль в наследственности выполняют нити ДНК.

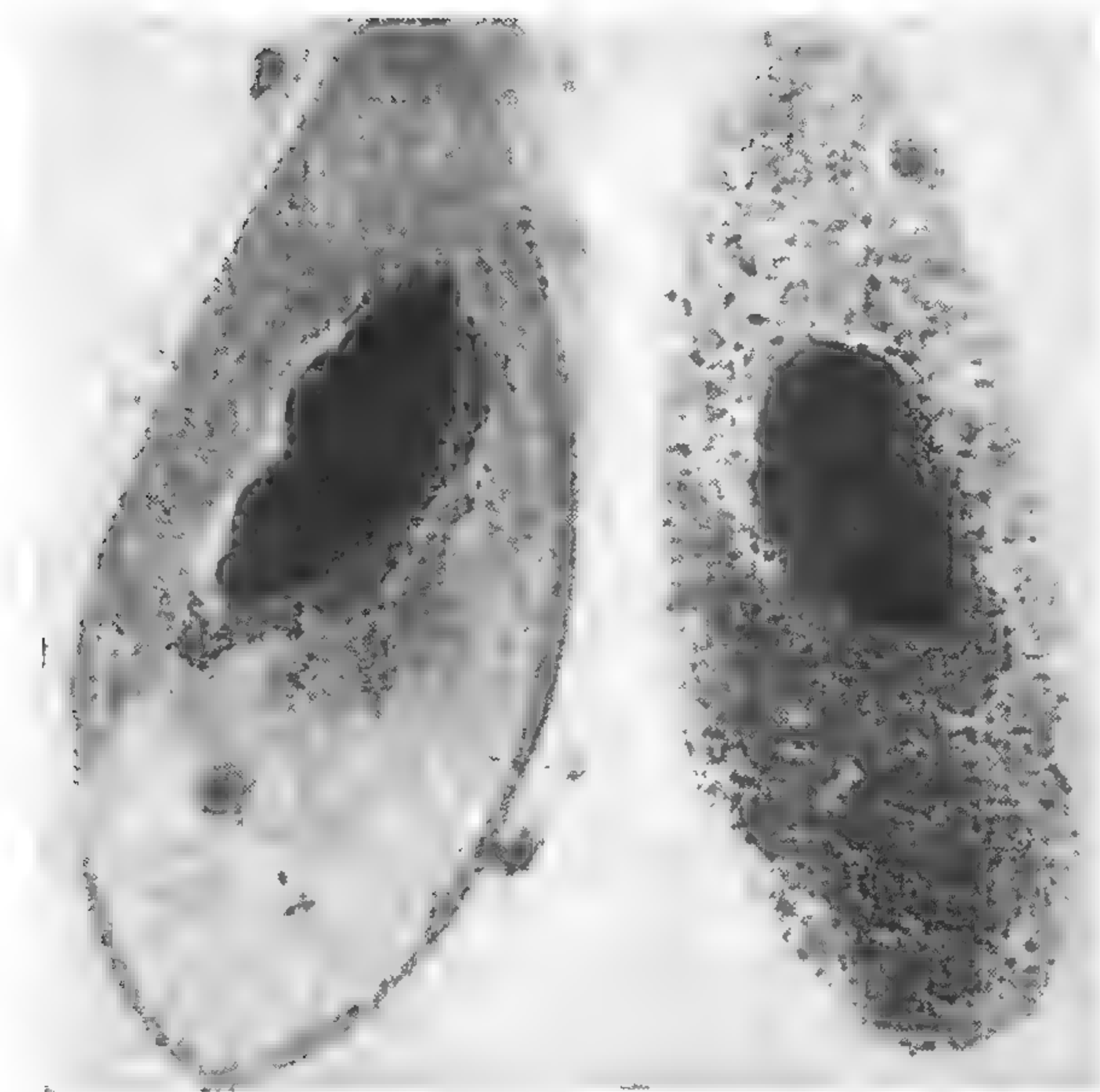


Рис. 9. Инфузории *Paramecium aurelia*, слева — без фактора каппа, справа с фактором каппа (по Зонненборну)

относится так называемый фактор каппа, известный у инфузорий.

Было обнаружено, что некоторые расы инфузории *Paramecium aurelia* способны убивать другие инфузории того же вида. В дальнейшем оказалось, что это свойство сообщается инфузории присутствием в ней организма, по своему строению очень похожего на риккетсии. Этот организм можно увидеть в клетках инфузории при помощи обыкновенного микроскопа (рис. 9), более тщательно он может быть изучен под электронным микроскопом. Взаимоотношения парамеции и фактора каппа интересны потому, что фактор каппа может обитать не в любой инфузории данного вида, а только в инфузориях, у которых есть определенный ген. Этот ген обозначается большой буквой К. Инфузории, которые имеют этот ген, могут содержать фактор каппа. Если этого гена нет, то фактор каппа из клетки исчезает.

Можно было бы привести ряд других примеров, когда симбиотический организм зависит от тончайших наследственных особенностей своего хозяина.

БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

Может быть, одним из самых интересных и ярких примеров жизнедеятельности явля-

ется способность многих организмов светиться. Эта способность так широко распространена в природе, что здесь невозможно заняться перечислением всех форм жизни, которым она свойственна. По-видимому, свечение всех организмов зависит от способных вырабатывать свет бактерий. У многих организмов развиваются очень сложные органы, внутри которых находятся клетки со светящимися бактериями. Такие сложные органы мы встречаем у так называемых головоногих моллюсков, например, у кальмаров. Эти светящиеся органы у них имеют линзы, построенные из прозрачных клеток и преломляющие лучи света. Полость такого органа заполнена клетками с бактериями и выстлана блестящими тканями, играющими роль рефлектора. Подобные органы мы встречаем также у рыб. На рис. 10 изображена тропическая рыба, у которой под глазами находится светящийся орган. Этот орган у мелких особей рыб может занимать от $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{10}$ всей длины тела. Население иногда пользуется этими рыбами как факелом, потому что и после смерти рыбы свечение долгое время продолжается.

О НЕКОТОРЫХ ТРУДНОСТЯХ ИЗУЧЕНИЯ СИМБИОЗА

Хотелось бы отметить некоторые основные трудности, с которыми мы встречаемся при изучении симбиоза. Не всегда легко установить, имеем ли мы дело с органом данной клетки или с проникшим извне симбиотическим организмом. История изучения симбиоза, на которой мы остановились в самом начале этой статьи, приводит многочисленные примеры этого. С особыми трудностями мы встречаемся при изучении симбиоза на молекулярном уровне. В этом случае мы часто не можем строго доказать, идет ли речь об агенте, проникшем извне, или об особых свойствах данной клетки. Разрешить этот вопрос нам помогают косвенные данные: если агент проник извне, то клетка может быть освобождена от него тем или иным способом. Кроме того, обычно одни расы содержат этот агент, другие нет и т. д. Но этот критерий нам не всегда помогает.

Другая трудность состоит в том, что мы далеко не всегда знаем, каковы взаимоотношения двух симбиотических компонентов и далеко не всегда умеем разделить эти компоненты. До настоящего времени большинство внутриклеточных симбиотических ми-

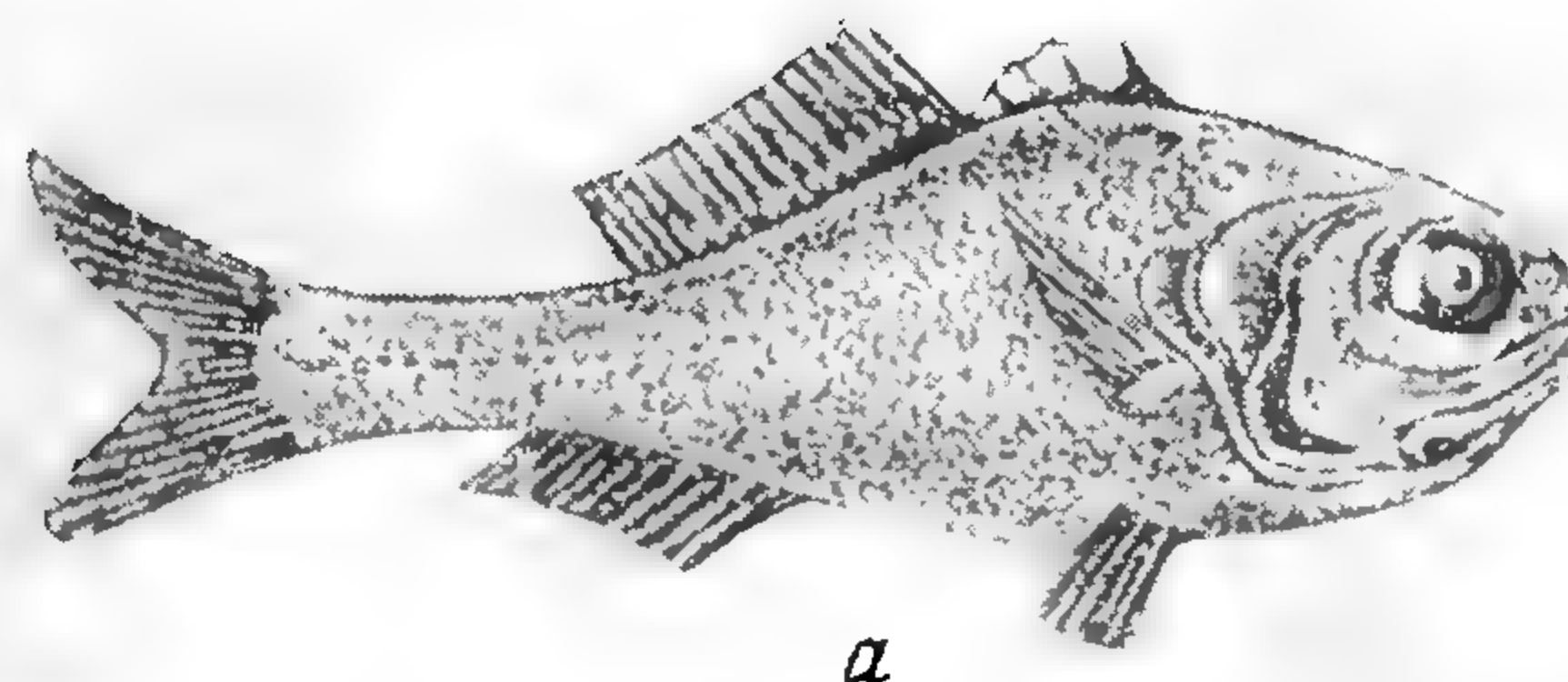
кробов не удалось культивировать на искусственных питательных средах, и в этом они сходны с вирусами.

СИМБИОЗ И ЭВОЛЮЦИЯ

Вопрос о роли симбиоза в эволюции много раз поднимался. Многие ученые, в том числе и такие русские исследователи как А. С. Фаминцын (1835—1918), Б. М. Козопольский (1890—1957), думали, что, может быть, сама клетка возникла путем симбиоза более просто устроенных организмов. Были попытки доказать, что митохондрии произошли от бактерий, но эти попытки оказались несостоятельными. Электронная микроскопия наглядно показывает, что митохондрии совсем иначе построены, чем бактерии, не говоря уже о других доводах против этой теории. Хотя мы должны избегать таких крайностей, как представление о всеобщем значении симбиоза в эволюции, но не может быть никакого сомнения в том, что симбиоз известную роль в эволюции играл. Достаточно напомнить, что под влиянием симбиоза возникли очень сложные органы, как те, о которых мы упоминали в связи с светящимися животными. Симбиоз часто помогает организмам в борьбе за жизнь. Мы видели, что симбиоз водорослей с животными позволяет этим животным соединять все преимущества животного со всеми преимуществами зеленого растения.

СИМБИОЗ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ВИРУСОВ

Вопрос о происхождении вирусов очень темный, о нем можно иметь самые различные мнения, и мы не хотим навязывать читателю своего мнения, но нельзя не упомянуть о том, что существуют известные основания предполагать, что вирусы возникли в теле клещей и насекомых, сосущих кровь животных и соки растений. Возможно, что именно поэтому существует такая тесная связь между многими сосущими соки растений и кровь животных клещами и насекомыми и вирусами, которых эти животные переносят.



a



b

Рис. 10. Светящаяся рыба *Anomolus kolopteron*: a — под глазом виден светящийся орган, b — срез через светящийся орган в клетках, в полости которого видна зернистая масса бактерий (по П. Бухнеру)

Автором этой статьи уже давно высказывалось предположение, что вирусы, может быть, произошли от каких-то микробов, обитающих внутри клеток, называемых здесь животными. В результате постоянной совместной жизни с животными все больше и больше упрощалось строение некоторых симбиотических микробов, пока они в конце концов не приобрели свойства вирусов.

* * *

Необъятные миры еще предстоит человечеству освоить и необъятные миры еще ждут своих смелых космонавтов. Но не следует забывать и того, что в каждой капле воды и даже в каждой клетке мельчайшего живого существа есть свои необъятные миры, также очень трудные для исследователей и также еще бесконечно богатые возможностями открытий.

УДК 577. 432

Читайте в следующем, № 4 журнала «Природа»

КОСМИЧЕСКИЕ ВЗРЫВЫ, СВЕРХЗВЕЗДЫ И ГАЛАКТИКИ

Статья проф. С. Б. Пикельнера

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ

А. А. Левин

Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова АН СССР

(Москва)

ТРЕХЦЕНТРОВЫЕ И МНОГОЦЕНТРОВЫЕ ОРБИТЫ

Трехцентровые орбиты объясняют строение бороводородов (странных соединений с «двухвалентным» водородом?!), структура которых повергла бы в замешательство классического химика (рис. 19). С точки зрения метода МО здесь нет ничего сверхъестественного. Просто до сих пор мы рассматривали движение электрона в поле двух притягивающих центров, а здесь таких центров — три. Соответственно, каждая из двух молекулярных орбит, связывающих атомы бора, состоит из гибридных sp^3 -орбит этих атомов плюс $1s$ -орбита «мостикового» атома водорода. Связи атомов бора с «концевыми»

Окончание. Начало см. «Природа», 1966, № 2.

атомами водорода отвечают обычным двухцентровым МО.

Подведем баланс валентных электронов. У двух атомов бора их: $2 \times 3 = 6$, у шести атомов водорода $6 \times 1 = 6$, итого 12. На четырех двухцентровых орбитах: $4 \times 2 = 8$, на двух трехцентровых: $2 \times 2 = 4$. Баланс сходится, в то время как при одних двухцентровых связях, как в этане $H_3C - CH_3$, получился бы «дефицит» в два электрона.

Соединения благородных газов также легко объясняются трехцентровыми орбитами. Дело в том, что трехцентровые орбиты могут быть трех типов: связывающие, разрыхляющие и еще несвязывающие (в отличие от двух типов двухцентровых орбит). Для простоты поясним это на примере гипотетической молекулы из трех атомов водорода

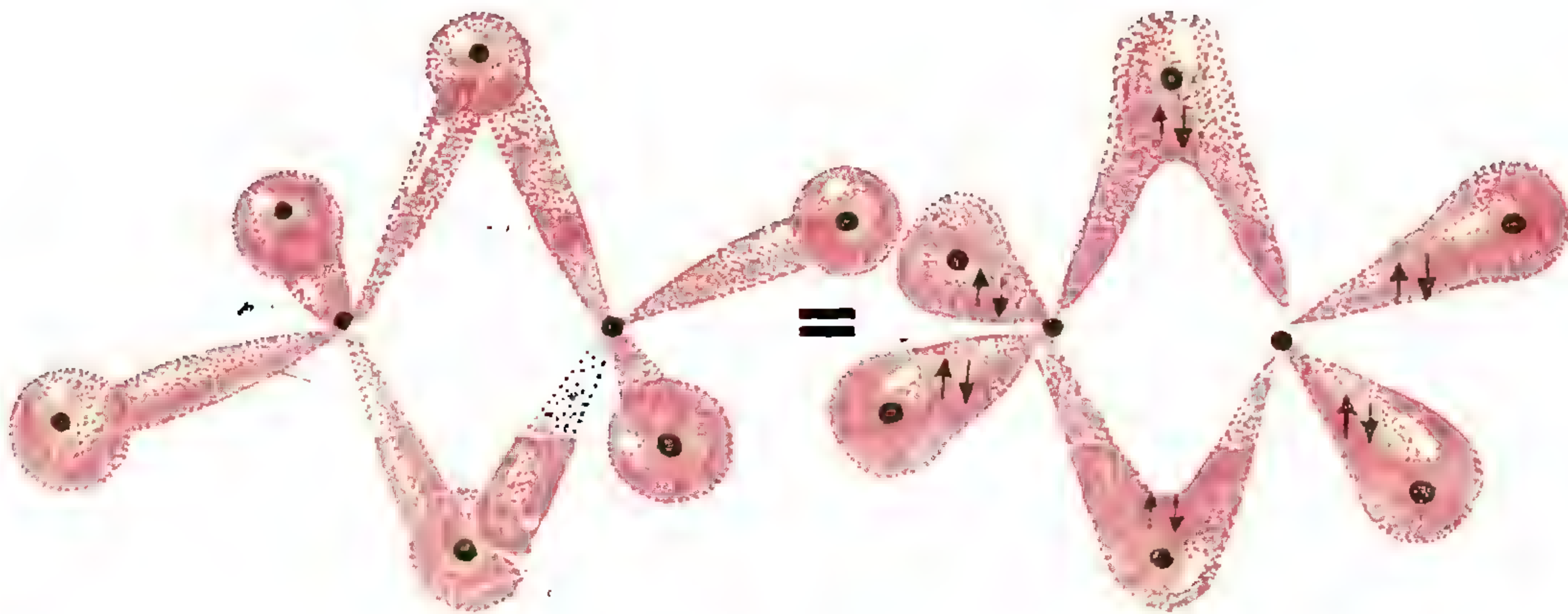


Рис. 19

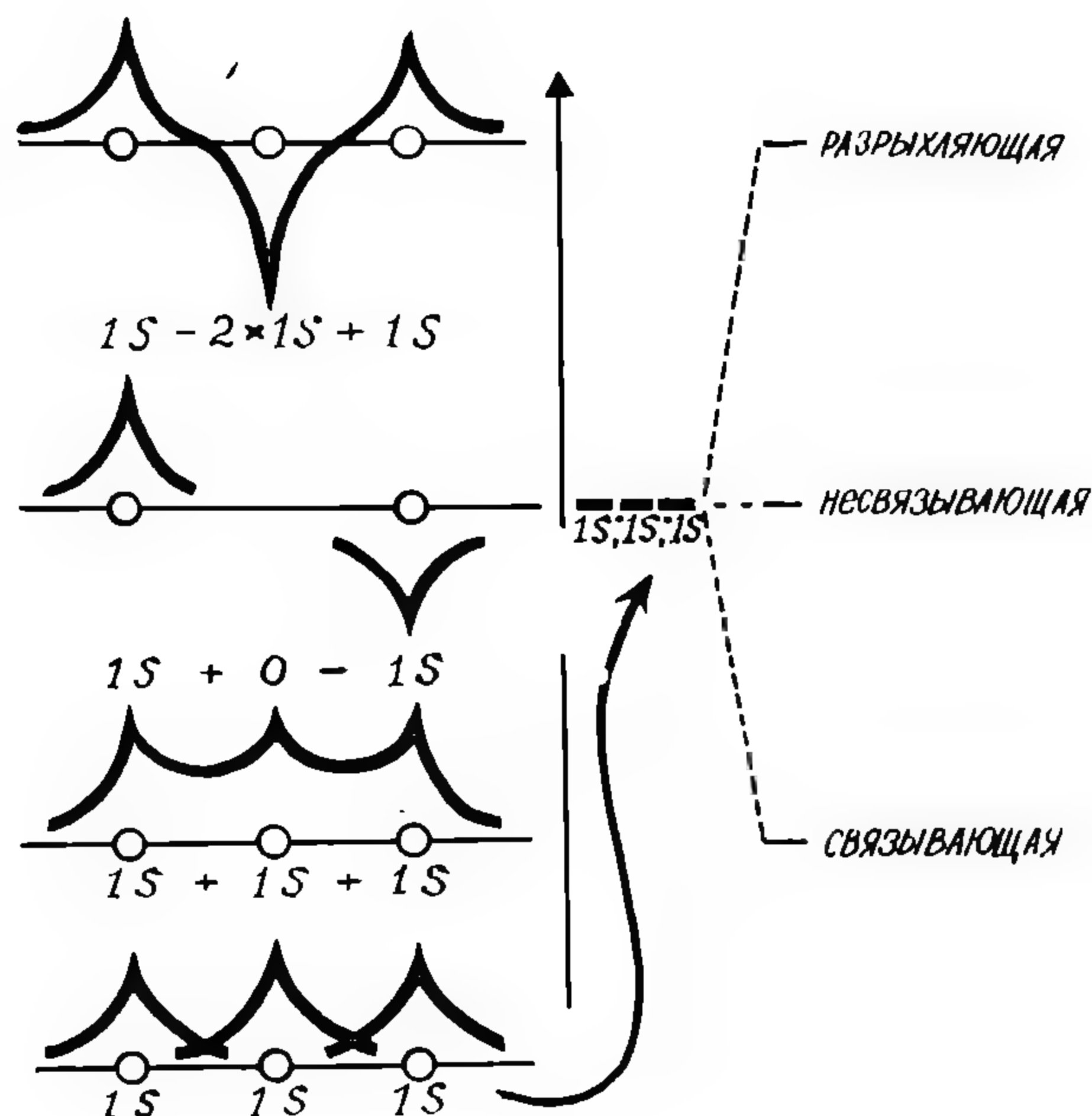


Рис. 20

(рис. 20). Видно, что электронная плотность между ядрами максимальна для связывающей орбиты и минимальна для разрыхляющей. Что касается несвязывающей орбиты, то «средний» атом в нее вообще не входит, а пики электронной плотности на «крайних» атомах разделены таким большим промежуток, что практически не перекрываются. Такая орбита не связывает и не разрыхляет.

Так вот, в самом простом из соединений благородных газов — XeF_2 из $5p$ -орбит ксенона и $2p$ -орбит двух атомов фтора образуются трехцентровые орбиты всех трех типов (рис. 21). На эти три орбиты приходится четыре электрона — два от ксенона и по одному от атомов фтора (их единственные неспаренные электроны), которые и располагаются на связывающей и несвязывающей орбитах, так что в результате получается довольно прочная связь. Остальные шесть электронов атома ксенона, как и в изолированном атоме, попарно занимают его $5s$ - и две $5p$ -атомные орбиты и точно так же поступают шесть электронов каждого из атомов фтора.

Теперь легко понять строение и остальных фторидов ксенона (см. рис. 21). В XeF_4 имеется две пары трехцентровых орбит, а в XeF_6 три такие пары (проверьте баланс

электронов!). Не правда ли, замечательно, что соединения, само существование которых когда-то казалось абсурдным, не заставили нас ни на йоту изменить наши представления о природе валентности и только укрепили нашу веру в универсальные возможности метода МО!

Пи-комплексы демонстрируют еще один интересный вид трехцентровых орбит (рис. 22). С тремя атомами хлора атом платины связан обычными двухцентровыми связями. Какие, однако, силы удерживают молекулу этилена в столь необычном положении — перпендикулярно плоскости квадрата? Такое положение благоприятно для образования сразу двух трехцентровых орбит. Первая из них образуется из связывающей π -орбиты этилена и свободной $6p$ -орбиты атома платины: этилен является донором, а платина — акцептором электронов. Вторая орбита состоит из заполненной $5d$ -орбиты атома платины и разрыхляющей орбиты C_2H_4 . Здесь, наоборот, роль донора переходит к атому платины, а акцептора — к молекуле этилена.

Многоцентровые орбиты становятся неизбежными, когда для описания химической связи недостаточно ни двухцентровых, ни трехцентровых орбит.

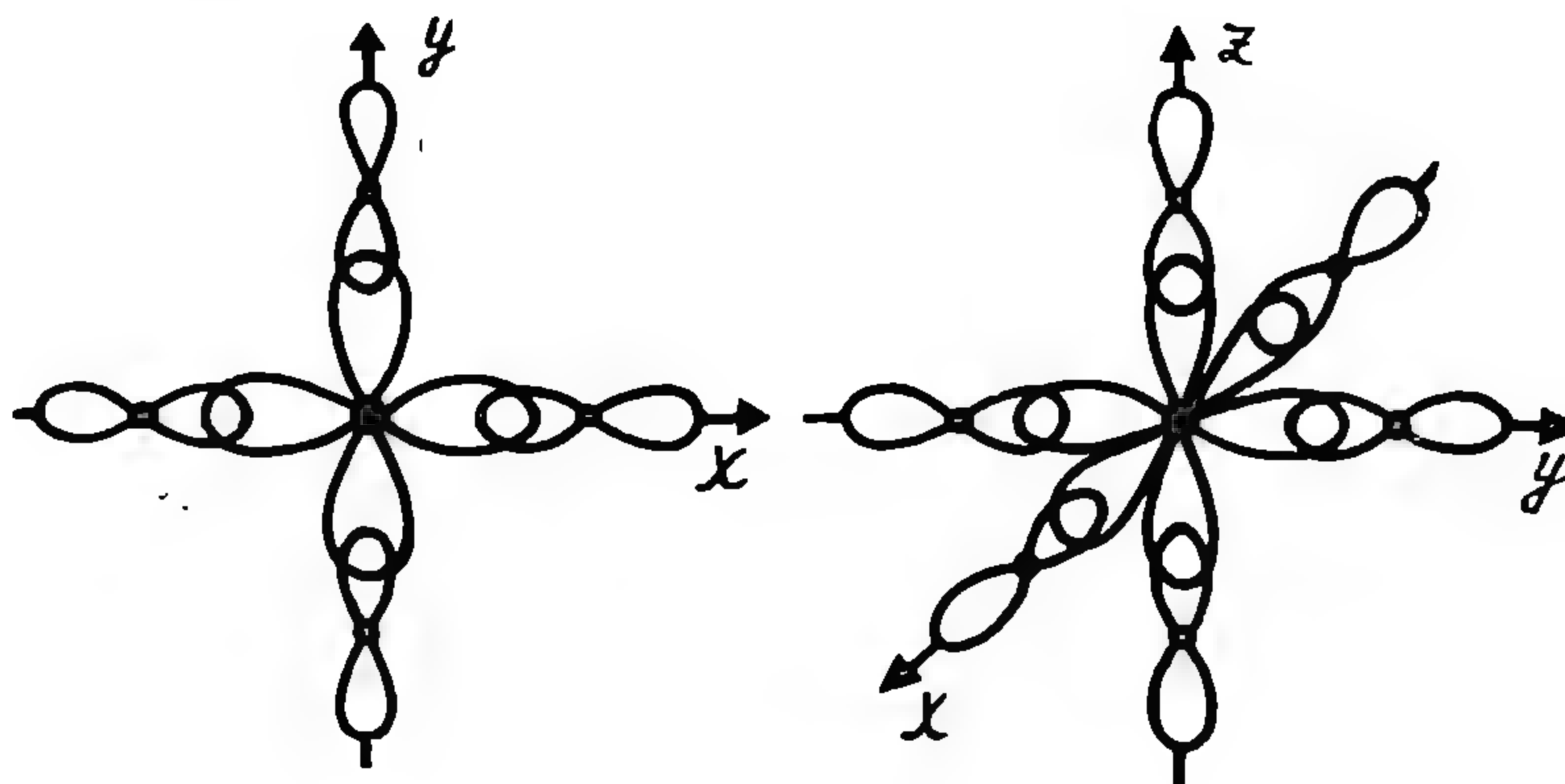
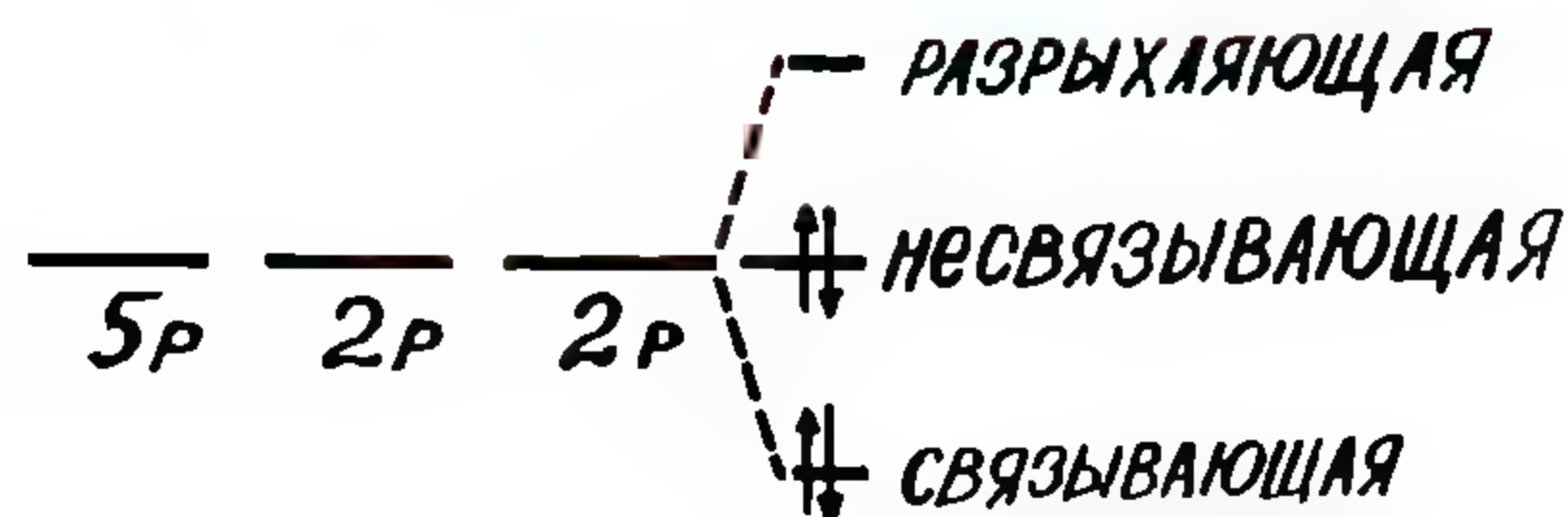


Рис. 21.

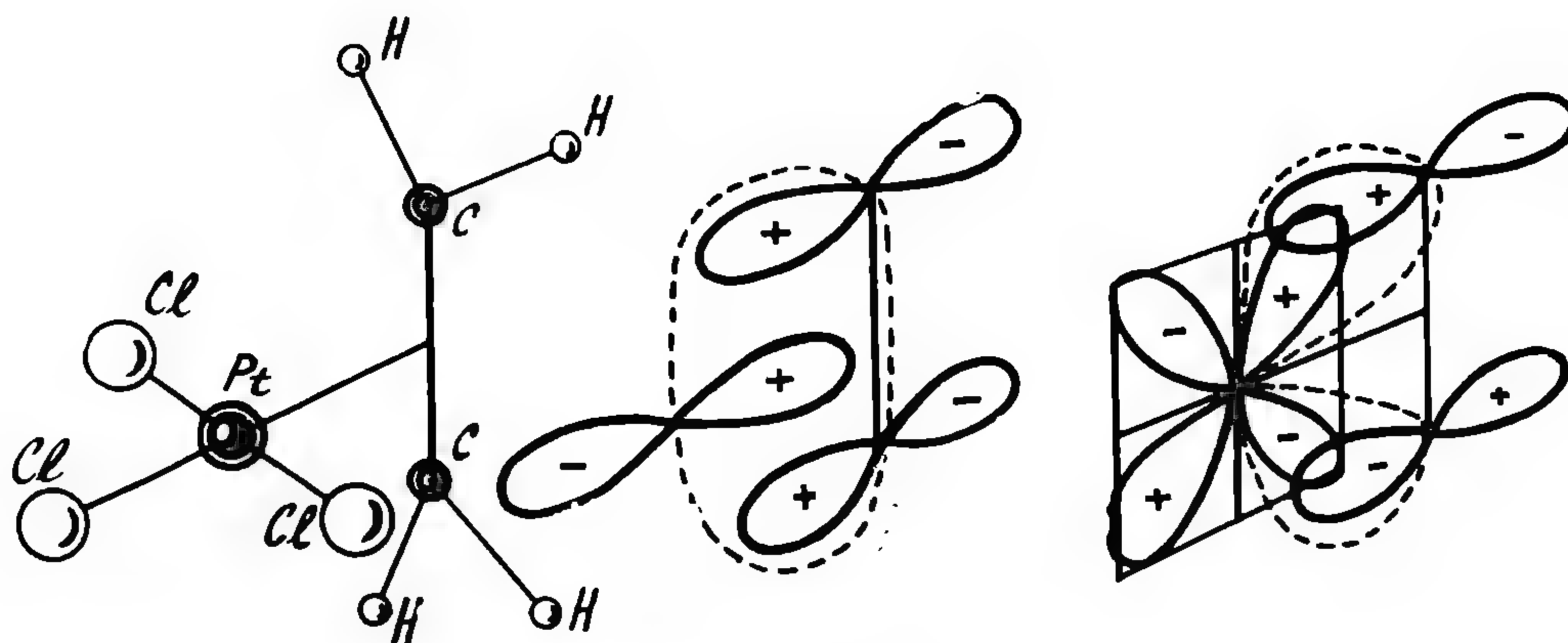


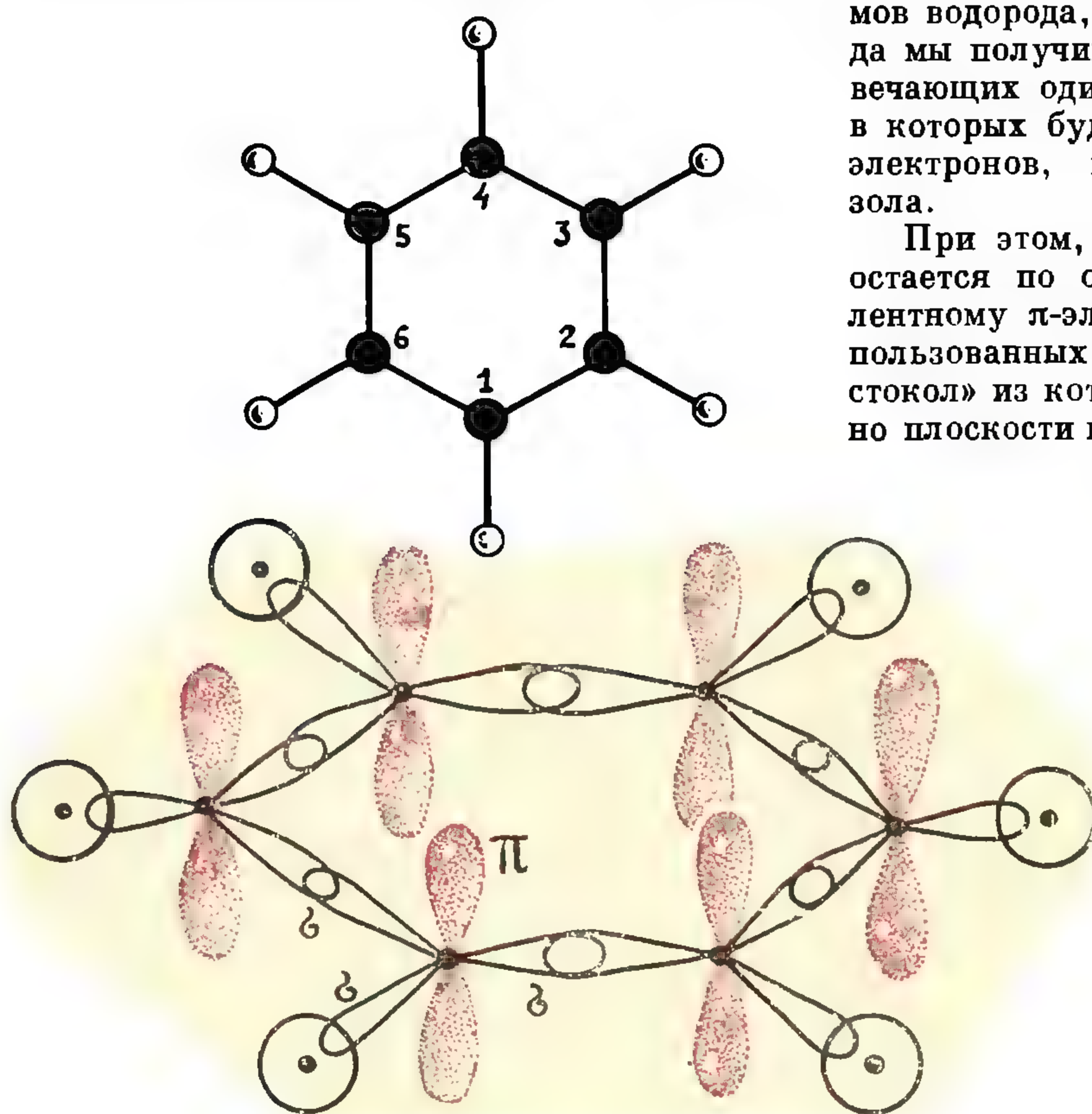
Рис. 22.

Как описать электронное строение молекулы бензола — плоского идеально правильного шестиугольника из атомов углерода с присоединенными по периферии водородными атомами (рис. 23)? Кое в чем здесь можно разобраться и без всяких новшеств. Обратим внимание на валентные углы при атомах углерода. Все три угла при лю-

бом из них одинаковы и каждый составляет 120° . Как мы знаем, это означает, что каждый углеродный атом находится в состоянии sp^2 -гибридизации и образует из своих атомных $2s$, $2p_x$ и $2p_y$ -орбит три гибридные sp^2 -орбиты, лежащие в плоскости шестиугольника. Скомбинируем теперь эти орбиты попарно друг с другом и с $1s$ -орбитами атомов водорода, как показано на рис. 23. Тогда мы получим 12 двухцентровых орбит (отвечающих одинарным связям C—C и C—H), в которых будет занято 24 из 30 валентных электронов, имеющих в молекуле бензола.

При этом, однако, у углеродных атомов остается по одному неиспользованному валентному π -электрону на (также еще неиспользованных до сих пор) $2p_z$ -орбитах, «часть» из которых «торчит» перпендикулярно плоскости кольца, и вся проблема состоит

в том, как этими π -электронами и π -орбитами распорядиться! Их невозможно, например, сгруппировать попарно в три обычные, двухцентровые π -связи (скажем, между атомами 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6). В этом случае в молекуле бензола оказалось бы три «привилегированных» пары атомов, связанных двойной связью, и, соответственно, три более коротких расстояния — чего вовсе не наблюдается в идеально правильном бензольном кольце! Очевидным образом не помогут делу и какие-нибудь трехцентровые орбиты, так что единствен-



23. Рис.

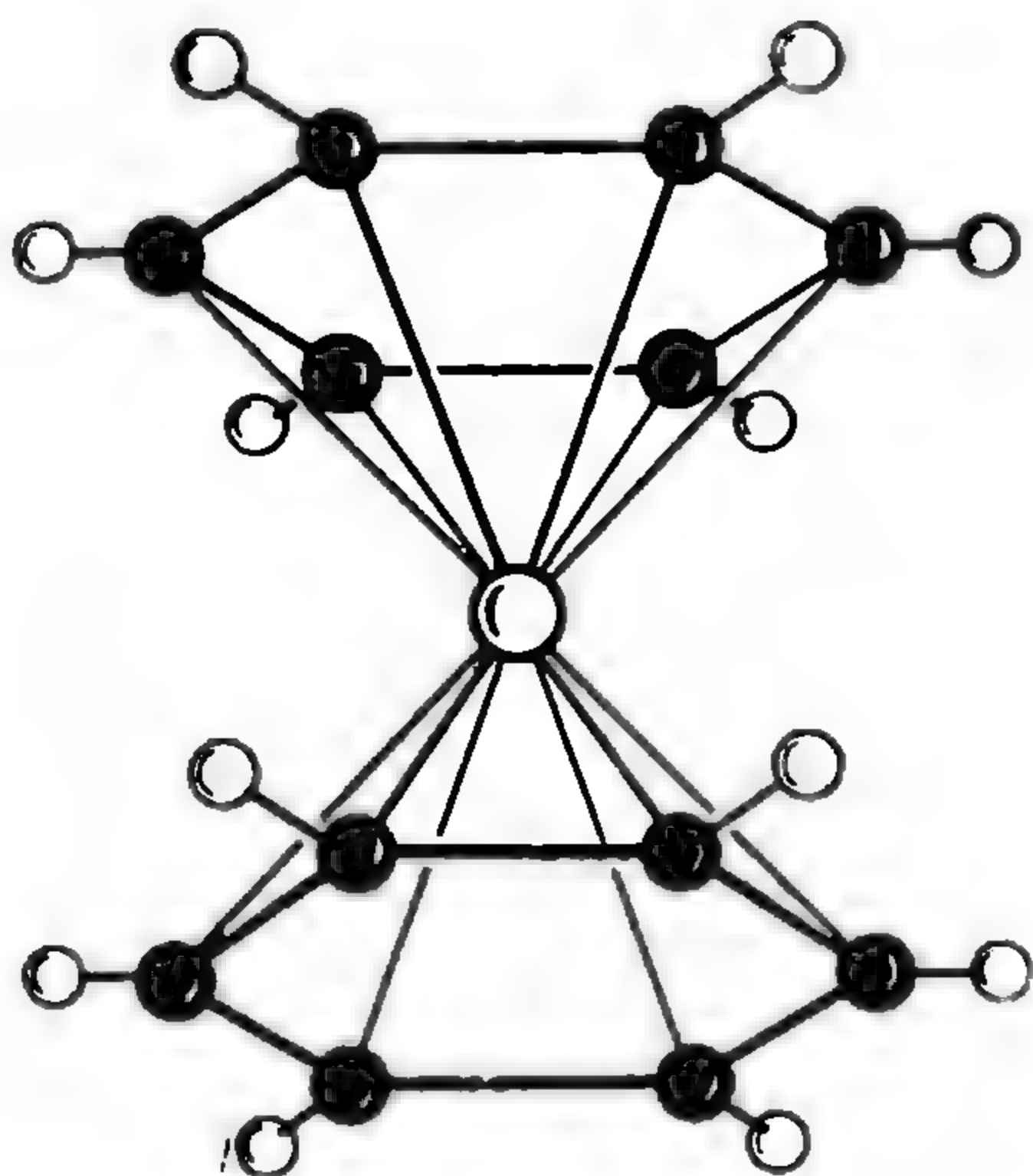


Рис. 24.

ный выход — рассмотреть движение шести π -электронов сразу в поле всех шести центров. Соответствующие шесть «многоцентровых» молекулярных орбит конструируются как суммы (с разными коэффициентами) шести π -орбит атомов углерода.

Еще более сложную задачу такого же рода задают нам «молекулы-сэндвичи», в которых атом металла зажат между двумя ароматическими кольцами, например, бензольными (рис. 24). Вдобавок к знакомым трудностям с молекулой бензола, тут мы никак не можем нарисовать двенадцать черточек, соединяющих атом хрома с двенадцатью атомами углерода, хотя бы потому, что для этого у хрома не хватит всех его валентных орбит (пяти $3d$, одной $4s$ и трех $4p$). Единственный выход и здесь — рассмотреть молекулярные орбиты электронов сразу в поле тринадцати центров — атома хрома и двенадцати атомов углерода обоих бензольных колец!

ОКТАЭДРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Молекулярные орбиты в октаэдриче-

ских комплексах проще, чем в дибензолхrome, и мы разберем их подробнее на типичном примере октаэдра $Ti(H_2O)_6^{3+}$ (рис. 25). Молекулярные орбиты этого комплекса образуются из $3d$ -, $4s$ - и $4p$ -орбит атома титана и шести валентных орбит $\sigma_1, \dots, \sigma_6$ атомов кислорода шести молекул воды — тех орбит, конечно, которые не использованы в связях с атомами водорода и заняты неподеленными парами электронов.

Начнем с $4s$ -орбиты центрального атома. Какая комбинация орбит периферических атомов-лигандов может войти с ней в общую молекулярную орбиту так, чтобы получилась максимальная энергия связи? Это не может быть, например, комбинация $\sigma_1 - \sigma_3$. Действительно, так как s -орбита везде положительна, то минус у σ_3 сводит на нет повышение электронной плотности, достигнутое сложением s и σ_1 . Точно так же «противопоказан» минус у любой из орбит лигандов. Очевидно, единственной подходящей комбинацией будет только сумма всех орбит лигандов: $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6$, так что $4s$ -орбита центрального атома может сочетаться только с этой выписанной комбинацией. Кроме связывающей орбиты, такое сочетание может порождать и разрыхляющую — для этого из $4s$ -орбиты центрального атома нашу комбинацию орбит лигандов надо вычесть.

Подыщем теперь «партнера» для $4p$ -орбиты центрального атома, все равно какой,

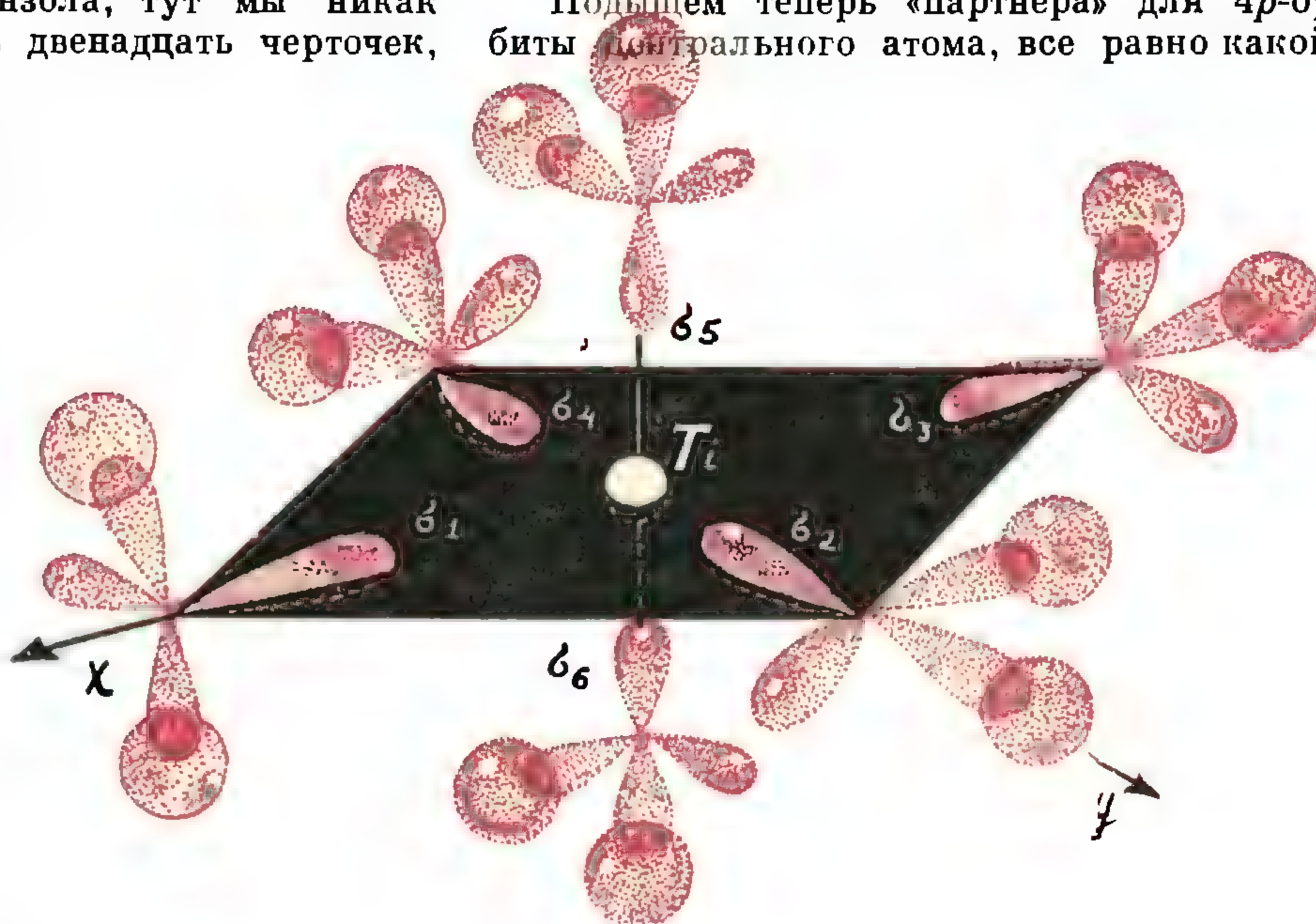


Рис. 25.

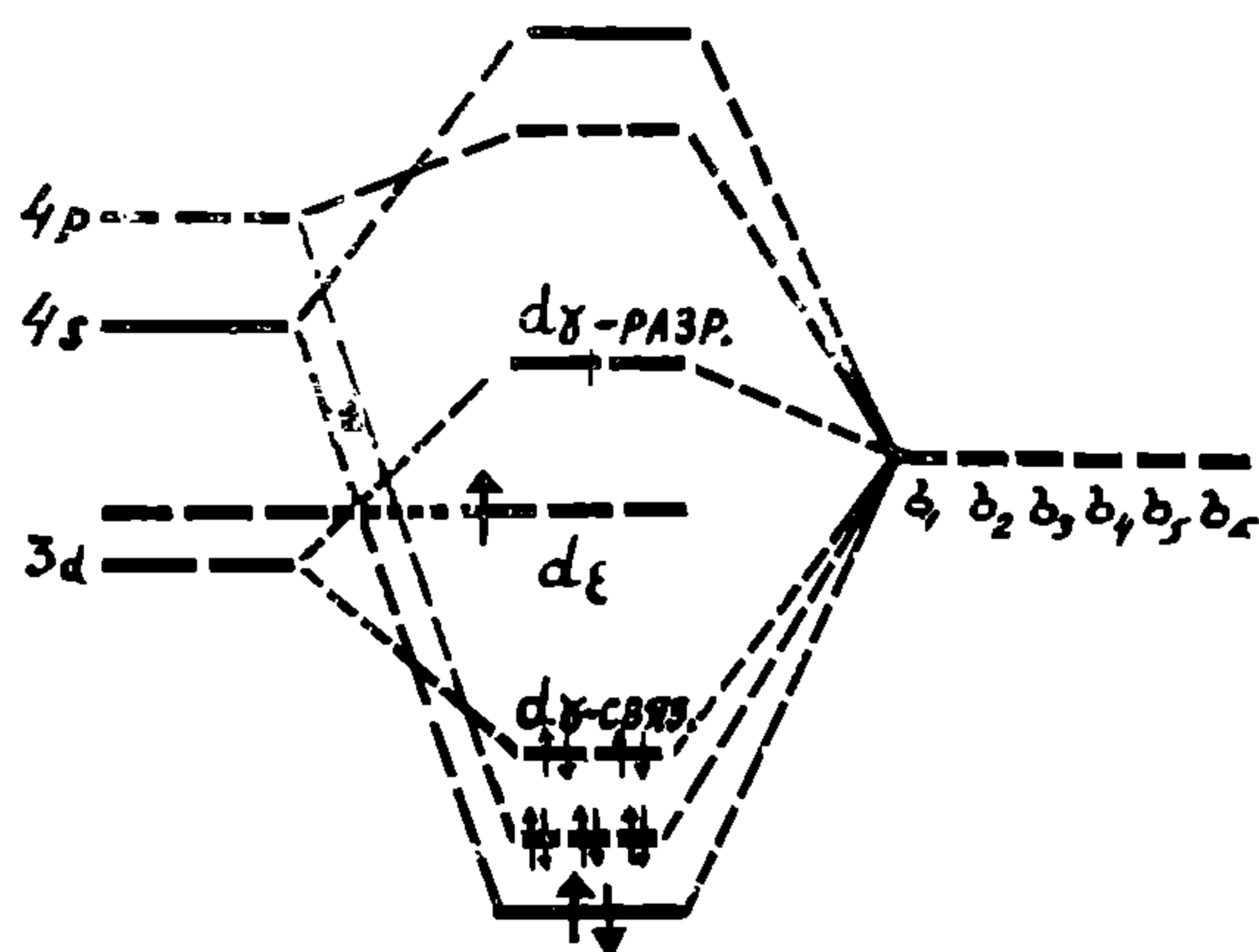


Рис. 26.

скажем p_x . Искомая комбинация орбит лигандов должна быть такова, чтобы в связывающей МО она никогда не встречалась с p_x -орбитой центрального атома, имея с ней противоположные знаки. Учитывая распределение знаков в p_x -функции, мы возьмем ей в партнеры комбинацию $\sigma_1 - \sigma_3$ для связывающей орбиты и $(-\sigma_1 + \sigma_3)$ — для разрыхляющей. Совершенно аналогично, в «компании» с орбитами p_y и p_z окажутся комбинации $\sigma_2 - \sigma_4$ и $\sigma_5 - \sigma_6$. В целом мы получим по паре МО — связывающей и разрыхляющей для каждой из трех p -орбит центрального атома.

Таким же образом находятся МО с d -функциями центрального атома. При этом оказывается, что участвовать в МО могут лишь две функции, d_{z^2} и $d_{x^2-y^2}$, а функции d_{xy} , d_{xz} и d_{yz} в молекулярных орбитах участия не принимают, так как для них невозможно найти подходящей комбинации орбит лигандов¹. Они так и остаются несвязывающими. Мы приходим таким образом к итогу — схеме уровней энергии в октаэдрическом комплексе с ее самой характерной особенностью — **р а с щ е п л е н и е м** d -о р б и т центрального атома на две группы: одну — d_ϵ из трех несвязывающих орбит d_{xy} , d_{xz} , d_{yz} и другую — d_γ — из двух орбит d_{z^2} , $d_{x^2-y^2}$, которые принимают участие в молекулярных орбитах — связывающих и возбужденных разрыхляющих (рис. 25).

¹ Четыре лепестка, скажем d_{xy} проходят как раз посередине между парами лигандов (1,2); (2,3); (3,4); (4,1), и легко убедиться, что невозможно расставить знаки у орбит этих лигандов так, чтобы в сумме с d_{xy} плюсы не компенсировались в точности минусами.

Эта схема имеет совершенно общий характер и определяется только геометрической формой комплекса. От конкретной природы центрального атома и лигандов зависит лишь степень заселенности уровней электронами. В нашем «титановом» комплексе всего 13 электронов: 6 бывших неподеленных пар от шести молекул воды плюс 4 внешних электрона титана минус 3 электрона, ушедшие при трехкратной ионизации. 12 из них попарно занимают 6 молекулярных орбит трех нижних уровней. Последний, тринадцатый, располагается на следующем, четвертом уровне, отвечающем тройке несвязывающих орбит центрального атома d_ϵ . При соответствующей затрате энергии он может перейти на ближайший возбужденный уровень, порожденный орбитами d_γ . Так можно объяснить характерную способность комплекса $Ti(H_2O)_6^{3+}$ поглощать свет с длиной волны около 5000 Å. Конечно, при обратном переходе полученная энергия будет излучаться.

Подобные переходы лежат в основе работы современного «гиперболоида инженера Гарина» — знаменитого рубинового лазера. Излучающими центрами в лазере служат атомы хрома, содержащиеся как примесь в кристаллическом Al_2O_3 . Каждый атом хрома находится там в октаэдре из шести атомов кислорода, так что в конечном счете дело сводится к изучению схемы уровней электронов в такой октаэдрической группировке.

Жизненно важная задача такого же рода — исследование атома железа в гемоглобине крови. В этом случае, правда, еще не удалось добиться заметного успеха, — однако замечателен сам факт такого глубокого проникновения в тайны жизни, когда о процессе дыхания можно говорить на языке диаграмм, вроде изображенных на рис. 26! Что касается лазера, то он работает, так как схема уровней атома хрома в октаэдре была успешно рассчитана.

ВАЛЕНТНЫЙ ШТРИХ ИЛИ МНОГОЦЕНТРОВАЯ ОРБИТА?

Каждый электрон многоатомной молекулы более или менее одинаково притягивается ядром каждого из ее атомов и поэтому совершает «прогулки» по всей молекуле. Ясно, что это утверждение справедливо не только для бензола или дибензолхрома, в которых все равно невозможно отыскать двухцентровые орбиты. Будучи последовательными, мы должны признать его справедливость также

и в случае воды, метана или парафинов — тех молекул, которые мы раньше так легко мысленно охарактеризовали как молекулы с локализованными связями! У нас как будто нет другого выхода, кроме как согласиться, что никаких «локализованных» связей и в этих молекулах на самом деле не существует, и попытаться описать ситуацию на языке многоцентровых орбит.

И все же надо признать, что пристрастие к локализованным связям диктуется не только традицией. Из опыта известно, что теплота образования, скажем, молекулы воды $\text{O} \begin{smallmatrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{H} \end{smallmatrix}$ с точностью до десяти процентов равна сумме теплот образования двух радикалов $\text{O}-\text{H}$, а теплота образования метана $\begin{smallmatrix} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown \diagup & \\ & \text{C} & \\ & \diagup \diagdown & \\ \text{H} & & \text{H} \end{smallmatrix}$ равна сумме энергий отдельных «связей» $\text{C}-\text{H}$ даже с точностью до двух процентов!

Отгадка состоит в том, что во всех подобных случаях полная энергия молекулы такова, как если бы вместо настоящих, многоцентровых орбит, электроны находились на локальных двухцентровых орбитах, отвечающих, как мы знаем, отдельным связям. Возьмем, например, молекулу воды. Здесь атом кислорода и два атома водорода представляют четыре атомных орбиты p_1, p_2, s_1, s_2 (рис. 27), из которых можно образовывать четыре независимых многоцентровых (в данном случае — трехцентровых) орбиты. Самая глубокая связывающая из них состоит из суммы всех четырех функций: $p_1 + s_1 + p_2 + s_2$. Это отвечает концентрации электронного облака (т. е. силам притяжения), как между атомом кислорода и каждым из атомов водорода, так и между обоими атомами водорода. Тогда самая «верхняя» разрыхляющая орбита соответствует отталкиванию атомов H от атома O и друг от друга; подобная орбита отвечает, конечно, такому распределению знаков: $p_1 - s_1 - p_2 + s_2$. Теперь уже легко найти две остальные орбиты — они имеют вид: $p_1 + s_1 - p_2 - s_2$ и $p_1 - s_1 + p_2 - s_2$ и отвечают соответственно притяжению атомов H к атому O , но их отталкиванию друг от друга и, наоборот, взаимному притяжению двух атомов H и отталкиванию этой пары от атома O . Первая из этих орбит лежит ниже по энергии и является связывающей, а вторая — разрыхляющей: атомы водорода в молекуле воды отстоят друг от друга намного дальше, чем

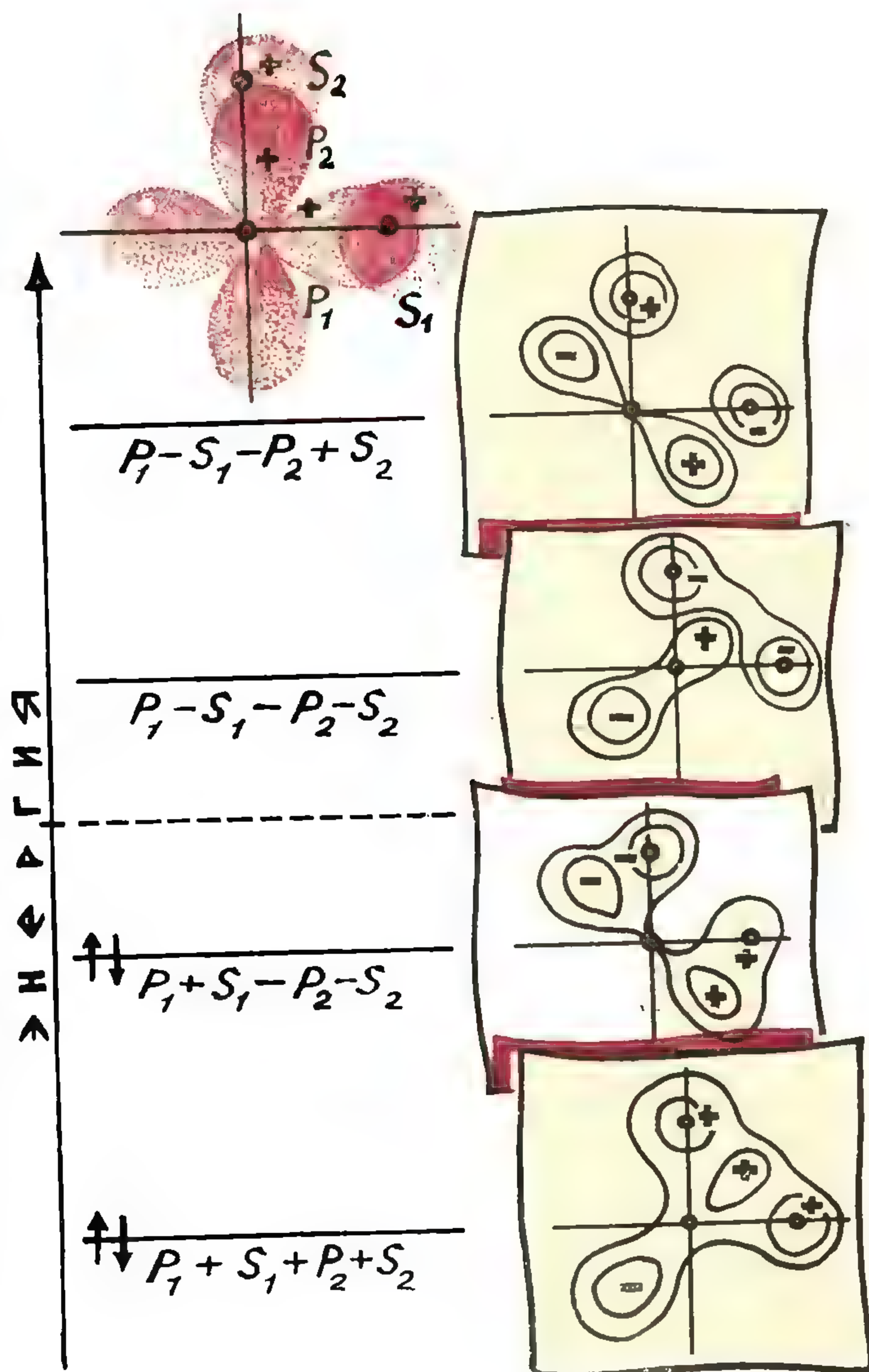


Рис. 27.

от атома кислорода, и взаимодействие между ними мало. Полученная схема молекулярных уровней молекулы воды изображена на рис. 27.

Четыре валентных электрона, как обычно, занимают два нижних уровня, и тут-то выясняется любопытное обстоятельство! На обоих занятых уровнях энергия притяжения между атомом кислорода и каждым из атомов водорода выигрывается, но энергия притяжения между двумя атомами водорода на первом уровне выигрывается, а на втором — проигрывается. Так что в сумме мы получаем энергию как раз такую, какую имели бы две пары электронов на двух изолированных связях $\text{O}-\text{H}$.

Тем не менее не следует думать, будто

двухцентровые орбиты во всем не хуже многоцентровых. Попытка изучить, скажем, потенциалы ионизации сразу убеждает в обратном. В той же молекуле воды четыре валентных электрона располагаются на двух разных энергетических уровнях (см. рис. 27). Поэтому первый потенциал ионизации молекулы (т. е. работа отрыва одного электрона) будет различным в зависимости от того, с какого уровня уходит электрон. Иными словами, имеется два первых потенциала ионизации. Между тем, имея молекулу воды и впрямь две изолированные связи, все четыре электрона находились бы в равном положении и наблюдался бы только один первый потенциал ионизации.

КАК НАЙТИ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРБИТЫ

Кое-что, а часто и довольно многое, можно заключить из «соображений симметрии». Вернемся к нашей молекуле воды, к ее самой глубокой связывающей орбите (см. рис. 27). Раньше, интересуясь только расстановкой знаков, мы писали ее в виде $p_1 + s_1 + p_2 + s_2$ без всяких численных коэффициентов. На самом деле, конечно, нужно более общее выражение: $ap_1 + bs_1 + ap_2 + bs_2$ (a, b — какие-то числа). Однако, постойте, откуда известно, что оба атома водорода, как и обе функции атома кислорода, входят с одинаковым «весом»? Из соображений симметрии. Если бы, скажем, коэффициенты при s_1 и s_2 были неодинаковы, то электронное облако с одного бока молекулы было бы гуще, чем с другого, тогда как для этого нет никаких оснований: молекула воды — равнобедренный треугольник с двумя совершенно одинаковыми «половинками»!

Но не противоречит ли этой симметрии расстановка знаков во второй связывающей орбите (рис. 27), которую теперь мы запишем так: $cp_1 + ds_1 - cp_2 - ds_2$? Нет. Правда, здесь значения волновой функции в «правой» и «левой» половинках молекулы совпадают только по абсолютной величине, а по знаку противоположны. Однако это не страшно: сама волновая функция, даже в принципе, — ненаблюдаемая величина. Наблюдаем лишь ее квадрат, — плотность электронного облака, — а он-то требованиям симметрии удовлетворяет!

Ну, а что можно сказать об относительной величине вкладов атома кислорода и атомов водорода в каждой молекулярной орбите? Например, об отношении коэффициентов

a и b ? Вот это уже из симметрии никак не вытекает. Тут нужен расчет.

Понять идею расчета нетрудно. В молекуле, если только она не возбуждена, электроны занимают самые нижние энергетические уровни, так что суммарная энергия всех электронов (потенциальная плюс кинетическая) в этом, основном, состоянии наименьшая из всех возможных. Предположим теперь, как в школьной задаче «с x и y », что неизвестные коэффициенты в каждой молекулярной орбите известны. Тогда каждому электрону будет отвечать (в этом смысле «известное») электронное облако, потенциальную энергию которого нетрудно найти. Для этого разделим мысленно каждое из облаков на маленькие «кусочки» и определим по закону Кулона для точечных зарядов энергию притяжения каждого «кусочка» к положительно заряженным ядрам и энергию отталкивания каждого «кусочка» одного облака от каждого «кусочка» всех остальных электронных облаков. Просуммировав все это (в высшей математике это называется интегрированием), мы рассчитаем искомую потенциальную энергию, которая будет, конечно, зависеть от неизвестных коэффициентов МО.

Для нахождения кинетической энергии электрона нужно воспользоваться математической теоремой, согласно которой любая функция (в том числе и наша МО) может быть представлена как вполне определенная сумма плоских волн с различными длинами (вроде разложения в ряд Фурье). Для каждой из таких «парциальных» волн известно соотношение де Бройля: $\lambda = h/mv$ (m — масса электрона, v — его скорость, h — постоянная Планка). Отсюда кинетическая энергия электрона будет $mv^2/2 = h^2/2m\lambda^2$, после чего остается взять все «парциальные» кинетические энергии в той пропорции, в какой содержались в нашей МО «парциальные» волны.

Результатом такого вычисления явится полная энергия всей системы электронов в молекуле как функции от неизвестных коэффициентов молекулярных орбит, и задача сводится к нахождению такого их набора, при котором молекула имела бы наименьшую энергию («вариационный принцип»). Как решать эту задачу — дело математиков. На худой конец, мы могли бы просто пробовать разные наборы, пока не нападём на подходящий.

На практике дело чаще всего в конце концов сводится к алгебре — к отысканию

корней уравнения, иногда довольно высокой степени. Корни эти просто равны энергиям молекулярных уровней, а метод хорош между прочим и тем, что кроме занятых молекулярных уровней (орбит) позволяет найти также и возбужденные. Просто из корней уравнения следует отобрать необходимое число наименьших, а остальные будут соответствовать возбужденным состояниям.

ЗАЧЕМ ИЗУЧАТЬ ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ?

Потому что это — неотъемлемая часть нашего понимания Природы. Мы желаем узнать, как из протонов и нейтронов складываются ядра и как ядра и электроны образуют атомы. Мы стараемся, с другой стороны, связать свойства макроскопических «кусков» вещества с их молекулярным строением; но вся картина в целом будет неполна, если мы не попытаемся также вывести свойства самих молекул из свойств составляющих их атомов (или, вернее, атомных остовов и валентных электронов). Как объяснить, например, диэлектрические свойства воды или, скажем, хлорметана CH_3Cl или пиридина $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$? Определенной величиной дипольного момента молекул. А дипольный момент в свою очередь определяется распределением заряда в отдельной молекуле, т. е. балансом вкладов каждого атома в молекулярные орбиты. Чем вызван красный цвет рубина? Появлением в оптическом спектре некоторых полос поглощения, которые опять-таки мы можем объяснить, лишь рассмотрев уровни энергии иона хрома в октаэдрическом окружении шести атомов кислорода.

А вот и еще хороший пример — ароматические циклы: бензол C_6H_6 существует «сам по себе», в чистом виде, C_5H_5 — в соединении с калием, а C_7H_7 — с бромом. Почему? Посмотрите на схему их энергетических уровней (рис. 28). Шесть π -электронов бензола очень «удобно» размещаются на трех его связывающих π -орбитах, в то время как устойчивости C_7H_7 явно мешает один лишний, седьмой электрон на разрыхляющей орбите. Поэтому C_7H_7 и отдает его атому брома, стабилизируясь в виде катиона тропилия — C_7H_7^+ . Наоборот, у C_5H_5 (пять π -

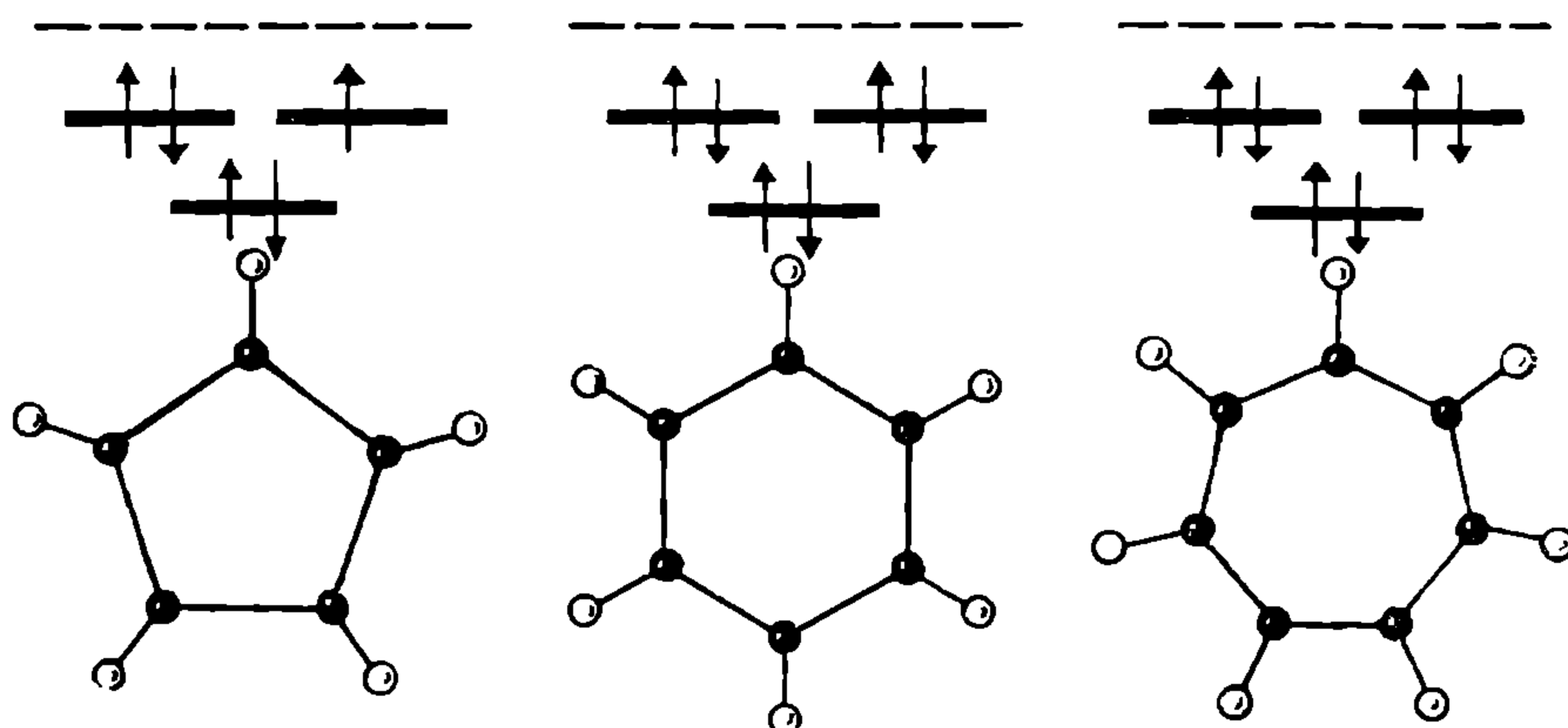


Рис. 28.

электронов!) есть вакантное место для одного дополнительного электрона — от атома щелочного металла, и C_5H_5 устойчив в виде аниона цикlopentadiена C_5H_5^- .

* * *

«... Расчет показывает, что потенциал ионизации бензола — столько-то электрон-вольт, а длина волны его первой полосы оптического поглощения — такая-то...».

Какова объективная ценность подобных утверждений? Она невелика. Невелика потому, что наши расчеты имеют приближенный характер. Приближенным, с точки зрения строгой теории, является сам метод молекулярных орбит. Приближенно и выражение молекулярной орбиты в виде суммы сравнительно небольшого числа «валентных» атомных орбит вместо бесконечного их ряда. Степень приближения очень трудно оценить и мы не можем пока снабдить каждый расчет гарантией: вычисленная величина..., погрешность плюс-минус... процентов.

Но мы можем, однако, поступить иначе и, не полагаясь на абсолютные значения вычисленных величин, попытаться проследить их ход в ряду похожих молекул (например, в ряду тех же ароматических циклов, или в ряду бензол, нафталин, антрацен, ...). И если наши вычисления будут проводиться каждый раз в одном и том же приближении, то мы, конечно, вправе рассчитывать, что погрешности метода скажутся примерно одинаково на всех членах ряда и нам удастся уловить определенную закономерность.

А это — не так уж мало, пожалуй, даже совсем не мало! Ибо не столько получение точных цифр, сколько понимание причин и нахождение закономерностей — подлинная цель науки.

ОТКРЫТИЕ КОСМИЧЕСКИХ



НОВЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРАТОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

Профессор Г. В. Розенберг

Институт физики атмосферы АН СССР (Москва)

Немногие картины природы так переменчивы, как зоря. То она едва намечается на блеклом белесом небе, то полыхает яркими красками всей цветовой гаммы. Особо изменчивы Пурпурный свет, разливающийся невысоко над горизонтом вскоре после захода Солнца, и розоватый Пояс Венеры, обрамляющий тень Земли, которая поднимается в это время у противоположного горизонта. Уже давно стало понятно, что причину этой изменчивости следует искать в оптическом непостоянстве атмосферы на высотах около 10—30 км. Были все основания думать, что источником такого непостоянства служит аэрозоль, т. е. распыленные в воздухе мельчайшие твердые и жидкие частички самого различного происхождения. Однако происхождение этих частиц, их свойства и закономерности поведения были неясны, да и само их существование недоказано. Только исследования самых последних лет начали вносить ясность в природу стратосферного аэрозоля, которому следует отвести важную роль не только в оптике, но и в термике и динамике стратосферы.

ВОЗМУЩЕННЫЕ ЗОРИ

Картина зари и характер ее изменения отражают, в конечном счете, оптическое строение атмосферы. Но понимание разнообразных явлений зари до крайности осложняется тем, что в их формировании принимает участие множество малоизученных факторов. В равной мере это относится и к возмущенным зорям, т. е. резким отступлениям от заурядной картины их протекания.

Возмущения зари наступают достаточно часто, и издавна предпринимались настойчивые, но безосновательные попытки расценивать их как «приметы» местной погоды. В действительности же эти возмущения обычно имеют не локальный характер, а распространяются на обширнейшие территории, существенно превышающие характерные для метеорологических процессов масштабы, и нередко захватывают весь земной шар. В прошлом столетии такие глобальные возмущения отмечались не менее 20 раз.

Серьезный научный интерес к этого рода явлениям пробудился с осени 1883 г., когда

необычность зорь стала столь неотразимой, что привлекла к себе повсеместное внимание широкой публики. Кстати, к этому времени сложились уже правильные общие представления о природе сумеречных явлений. Вскоре было установлено, что эти возмущения, постепенно затухавшие и совсем исчезнувшие только к 1886—1887 гг., возникли как следствие мощнейшего извержения вулкана Кракатау близ о-ва Ява. Во время этого извержения, происшедшего 27 августа 1883 г., огромные количества вулканического пепла были заброшены на высоты до 32 км. Присутствию в высших слоях атмосферы этого пепла, в основном состоявшего из мельчайших частичек пемзы, льда и серы, капелек воды и водных растворов соляной и серной кислот, и были приписаны оптические возмущения атмосферы. При этом оценки скорости оседания пепла привели к качественному согласию с данными наблюдений — частицы, размеры которых составляют доли микрона, могут держаться в разреженном воздухе соответствующих высот месяцами и даже годами.

Аналогичные, хотя и в меньшем масштабе, явления наблюдались и после мощного извержения вулкана Агунг на о-ве Бали 17 марта 1963 г. Можно, наконец, сослаться на летописные «хроники» и другие аналогичные источники. И по этим данным, охватывающим период около тысячи лет, возмущениям зари всегда предшествовали сильные вулканические извержения.

Возмущение зари проявляется в целом комплексе взаимосвязанных, но внешне разнородных явлений, концентрирующихся в области стратосферы. Это явствует хотя бы из того, что наибольшего развития подобные явления достигают, когда тропосфера уже погружается в тень Земли, а стратосфера еще остается освещенной прямыми лучами Солнца и вносит основной вклад в яркость сумеречного неба. Об этом свидетельствует и увеличенная яркость неба в период глубоких сумерек, когда главная роль переходит к свету, вторично рассеянному на высотах 10—30 км за счет повышенной мутности этих слоев атмосферы. Днем помутнение стратосферы остается обычно неощутимым, так как стратосферные оптические эффекты маскируются яркой вуалью света, рассеянного в более плотной и всегда засоренной аэрозолем тропосфере. Лишь при наиболее сильных извержениях отмечается общее устойчивое помутнение атмосферы в масштабах всей планеты, заметно влияющее на ее теплообмен с космическим пространством. После извержения Кракатау такое помутнение наблюдалось во всем Северном полушарии в течение трех лет, а после извержения Агунга охватило по меньшей мере всю Океанию и достигло Европы.

В таких случаях, а также в ближайших окрестностях вулканов при извержениях средней силы, небо днем приобретает беле-сый оттенок, а вокруг Солнца появляется Кольцо Бишопа, т. е. устойчивый дифракционный венец. Угловые размеры такого венца зависят, как известно, от диаметра частиц, на которых происходит дифракция. Это позволило оценить размеры частиц, вызывающих помутнение стратосферы — они оказались близкими к 1 мкм (микрон). Кроме того, само Солнце (или Луна) нередко приобретают необычную синюю или зеленую окраску, т. е. присутствие аэрозоля существенно изменяет спектральный ход атмосферной прозрачности¹.

¹ См. П. И. Броунов. Атмосферная оптика. Гостехиздат, 1924; А. К. Hogg «Australian Journ. Science», 1963, v. 26, № 4, p. 119.

Вторжение аэрозоля в стратосферу особенно сильно сказывается на окраске сумеречного неба, и в первую очередь на яркости Пурпурного света. Большинство авторов усматривает в этом довод в пользу объяснения самого явления Пурпурного света свойствами аэрозоля и его накоплением в виде слоя на высотах около 20 км. Однако, как было показано автором, Пурпурный свет должен наблюдаться и в чисто газовой атмосфере и лишь усиливаться в присутствии аэрозоля за счет действия трех факторов: увеличения коэффициента рассеяния, смягчения его спектральной зависимости и увеличения вытянутости индикатрисы рассеяния.

При ближайшем рассмотрении выяснилось, что картина сумеречных явлений сложнее, чем казалось вначале. Надежды извлечь из нее информацию об аэрозольном составе атмосферы и его изменчивости с высотой и во времени начали оправдываться только в самые последние годы, и то частично¹: преимущественно для интервала высот от 30 до 110 км. По отношению же к нижней стратосфере эти надежды оказывались пока обманчивыми из-за трудности учета ряда особенностей протекания светлой части сумерек, наблюдаемых с земной поверхностью.

СУМЕРЕЧНЫЕ ОБЛАКА

Аэрозольные образования становятся видимыми на фоне рассеянного атмосферой света только тогда, когда их оптическая толщина достаточно велика и достаточно неоднородна, чтобы создать осязательный для глаза яркостный или цветовой контраст. В противном случае достоянием наблюдателя станут лишь те несколько неопределенные и размытые сумеречные эффекты, о которых речь шла выше и которые поддаются интерпретации только с позиций общей теории сумеречных явлений². Если же аэрозольные образования в высоких слоях атмосферы удовлетворяют названным требованиям, то они воспринимаются наблюдателем, как облака. Но эти облака становятся различимы с земной поверхности только в сумерки, когда нижние слои атмосферы погружаются в тень Земли и создаваемая ими световая вуаль блекнет настолько, что ее яркость оказывается сравнимой с яркостью самих облаков, еще освещенных Солнцем.

¹ См. Г. В. Розенберг. Сумерки. Физматгиз, 1963.

² Там же.

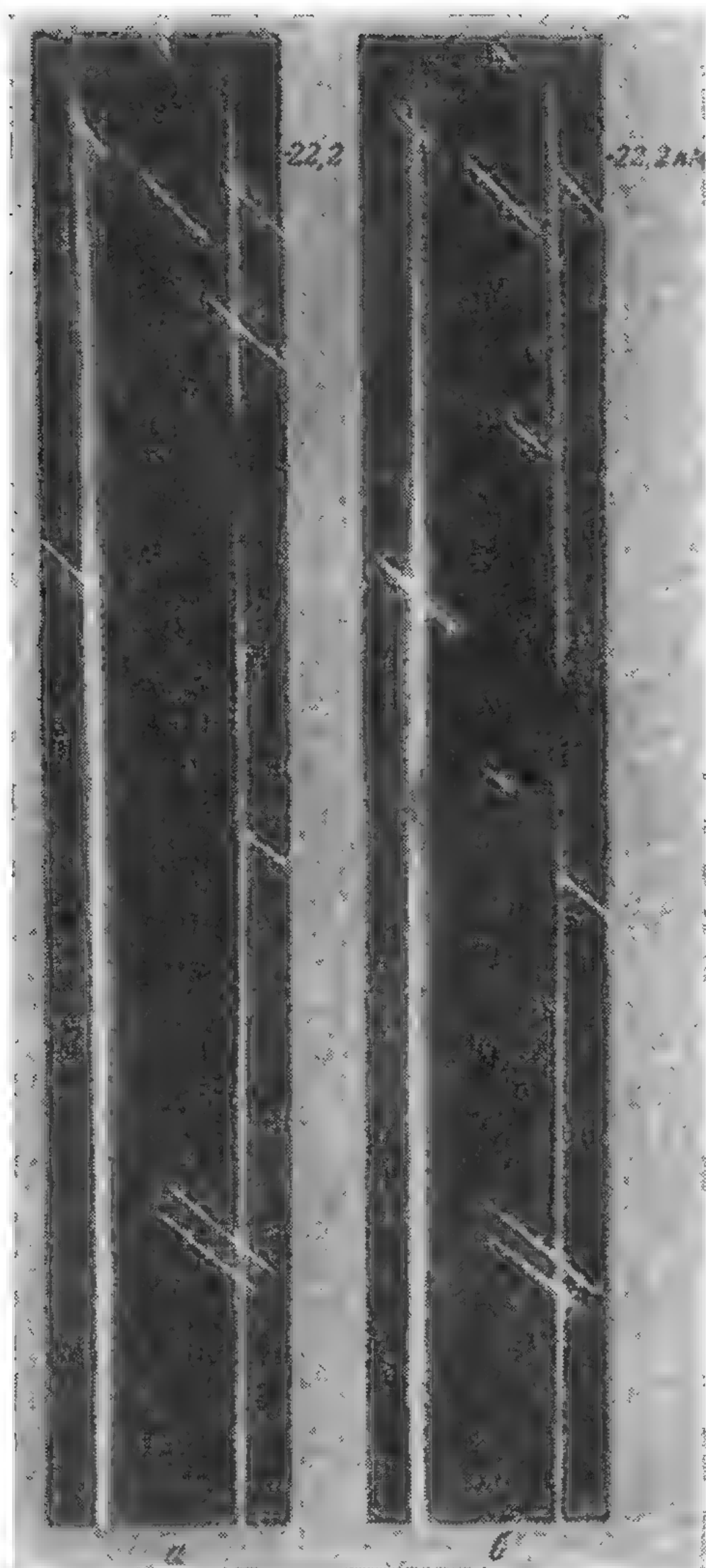


Рис. 1. Монтаж одновременных фотографий (в поляризованном свете) прожекторного луча четырьмя фотокамерами: *а* — синий светофильтр; *б* — зеленый светофильтр. Слева — плоскость поляризации совпадает с плоскостью рассеяния, справа — эти плоскости перпендикулярны. Отчетливо выделяется приземная область повышенной замутненности. На высоте 22,2 км обнаруживается слабое светлое пятно — освещенное прожектором перламутровое облако

Многолетние наблюдения позволили отчетливо выделить два яруса, на которых время от времени отмечается появление таких сумеречных облаков. Один из них — это мезопауза, т. е. область резко выраженного минимума температуры на высоте около 83 км. Здесь в высоких широтах, преимущественно в период белых ночей, иногда обнаруживаются серебристые облака (см. вклейку I, *а*). Долгие споры о природе этих облаков недав-

но разрешились синтезом конкурировавших гипотез. Пробы аэрозоля, взятые при помощи ракет на соответствующих высотах, показали, что облака состоят из частиц с размерами порядка долей микрона, одетых в ледяную рубашку (это в общих чертах согласуется с данными наземных фотометрических и поляриметрических измерений). Резкая высотная ограниченность облаков объясняется, по всей видимости, тем, что только в области мезопаузы, и то в редкие дни полярного лета, парциальное давление водяного пара может быть достаточным для конденсации на ядрах, имеющих, вероятно, метеорное происхождение.

Второй облачный ярус образуют так называемые перламутровые облака, изредка появляющиеся на высотах 22—30 км и выделяющиеся своей переливчато-радужной окраской. В течение долгого времени перламутровые облака видели только в полярных районах и преимущественно в середине зимы. Только совсем недавно стали появляться отдельные сообщения о случаях их наблюдения в Антарктике и в экваториальной зоне (над Аддис-Абебой и в Индии).

В 1949 и 1953 гг. перламутровые облака были обнаружены также при наблюдениях под Москвой и на Кавказе в осенние месяцы, но это было сделано уже иным методом — облака были освещены ночью лучом прожектора¹ (рис. 1).

Установлено, что перламутровые облака, так же как и серебристые, являются продуктом конденсации влаги, хотя метеорологические условия их образования совершенно иные, а причины высотной локализации и природа ядер конденсации остаются предметом дискуссии. Спектроскопические исследования отраженного перламутровыми облаками света прямо показали, что они содержат воду². Ранее тот же вывод был получен на основе спектро-поляризационного анализа рассеиваемого ими света прожектора³. Одновременно удалось определить средний радиус частиц водяных капель $r \simeq 0,7 \text{ мкм}$, число их в 1 см^3 $N \simeq 4-10 \text{ см}^{-3}$ и удельный объем конденсационного вещества $v \simeq 10^{-11} \text{ см}^3$ в 1 см^3 . Причем объемный коэффициент рас-

¹ См. А. Я. Дривинг. «Известия АН СССР, сер. геофизическая», 1959, № 3, стр. 410.

² См. L. R. Pittwell. «Canadian Spectroscopist», 1963, т. 9, № 1, р. 11.

³ См. Ю. С. Георгиевский, А. Я. Дривинг и др. Прожекторный луч в атмосфере. Изд-во АН СССР, 1961.

сеяния в видимой области спектра $\sigma \approx 5 \cdot 10^{-2} \text{ км}^{-1}$. Эти данные оказались в согласии с оценками размера частиц, полученными Штермером из угловых размеров венца, который он наблюдал вокруг Луны, просвечивающей сквозь перламутровые облака.

В литературе можно найти также немногочисленные сообщения об облачных образованиях, спорадически появляющихся на самых разнообразных высотах и имеющих, по всей видимости, совсем иную природу. Такие облака наблюдались, например, на высотах 10—16 км, 22—28 км, 30—35 км, 43—44 км, 52, 56, 71 км. Некоторые из этих случаев, таких как например на рис. 2, следует, видимо, приписать загрязнению атмосферы ракетами. За последние годы этот фактор стал заведомо приобретать геофизическое значение. В других случаях причины их появления могут быть иными, но, видимо, это всегда связано с вторжением в атмосферу постороннего вещества.

НЕВИДИМАЯ СТРУКТУРА

Уже давно было подмечено, что и в отсутствие видимых облаков аэрозоль образует в тропосфере слоистую структуру, причем слои обычно располагаются на уровнях температурных инверсий. Немногочисленные пока измерения на больших высотах заставляют полагать, что подобная структура существует и над тропопаузой. Действительно, оптические измерения с самолетов, баллонов и ракет недвусмысленно указывают на существование слоев повышенной концентрации аэрозоля, в особенности на высоте 16—25 км.

Визуальные наблюдения с высотных самолетов в направлении горизонта также неоднократно выявляли невидимые с Земли тонкие слои аэрозоля на высотах около 15 км. Некоторые указания на существование аэрозольной структуры в более высоких слоях атмосферы можно извлечь и из сумеречных измерений.

Весьма эффективным для обнаружения невидимых аэрозольных слоев оказалось зондирование атмосферы лучом прожектора. Этим методом И. А. Хвостиков и сотрудники впервые обнаружили, что тропопаузе (слой между тропосферой и стратосферой), как правило, сопутствует более или менее выраженный слой аэрозоля¹ (рис. 3). Недавно

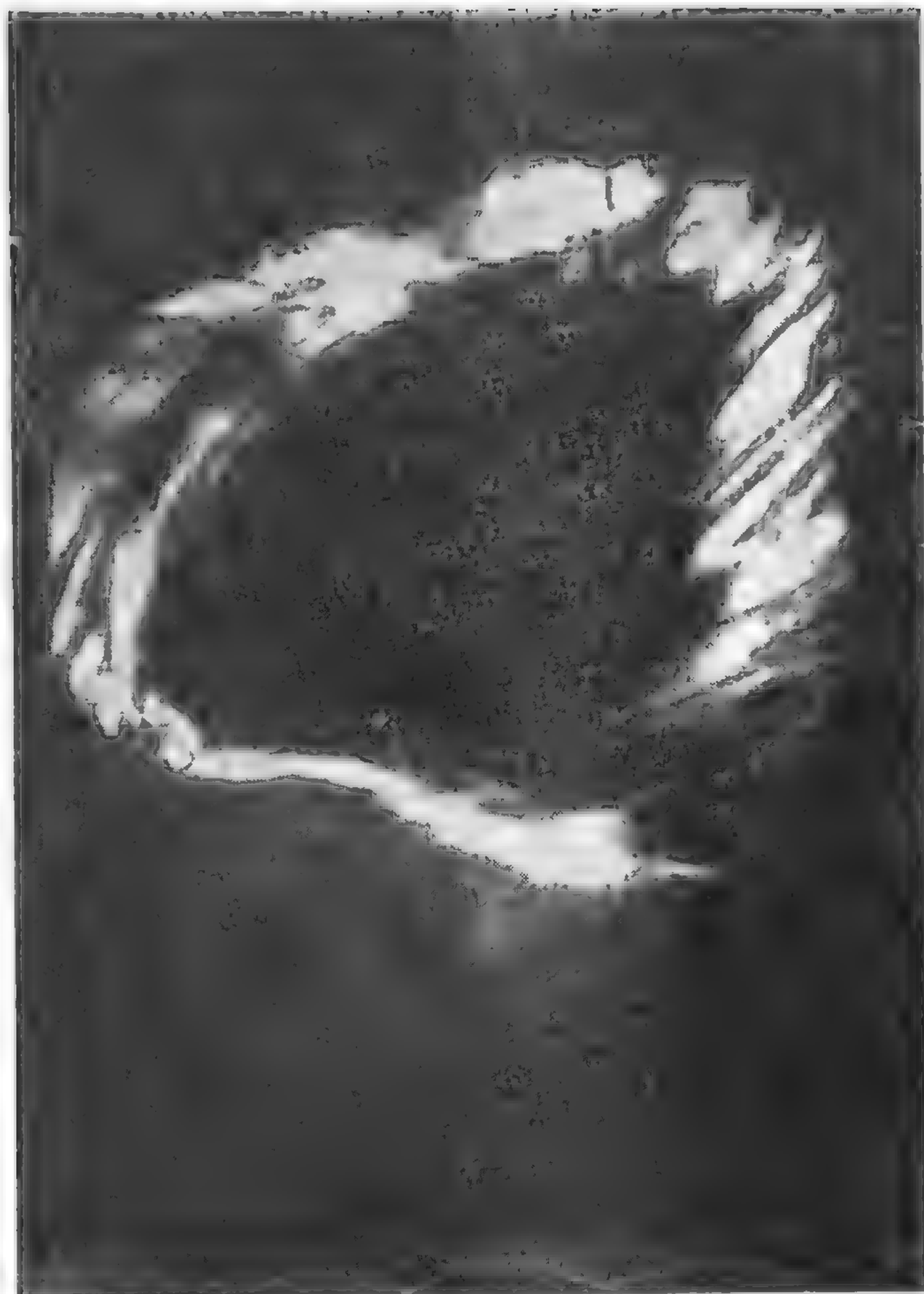


Рис. 2. Спорадическое высотное облако на уровне 43 км

появились сообщения о выявлении аэрозольных слоев при помощи светового локатора с лазером¹.

Рассмотрим подробнее данные, относящиеся к интервалу высот 15—22 км. Как правило, прожекторный луч на этих высотах не выявляет сколько-нибудь существенных максимумов яркости, подобных изображенным на рис. 1 и 3. Максимумы яркости, которые можно различить на некоторых из высотных оптических разрезов, недостаточно надежны. Только совсем недавно, в результате существенного усовершенствования техники прожекторного зондирования, были получены воспроизводимые, но тоже не слиш-

¹ См. Ю. С. Георгиевский, А. Я. Дривинг и др. Прожекторный луч в атмосфере, под ред. проф. Г. В. Розенберга. Изд-во АН СССР, 1961.

¹ См. G. Fiocco, C. D. Smullin. «Nature», 1963, v. 199, N 4900, p. 1275.

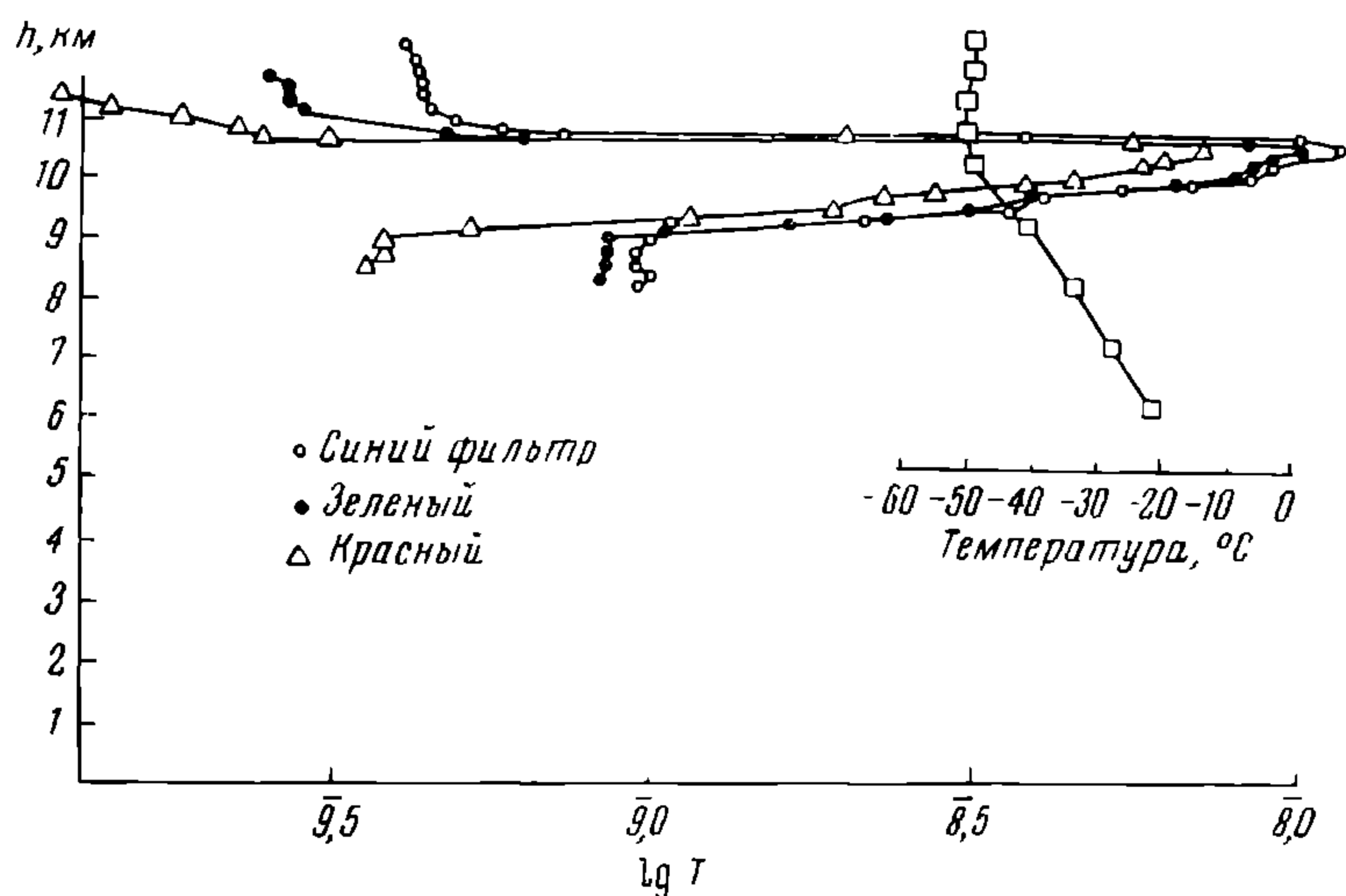


Рис. 3. Пример обнаружения аэрозольного слоя области тропопавзы методом прожекторного зондирования. I — яркость рассеянного атмосферой света прожектора, h — высота рассеивающего объема

ком уверенные указания¹ на существование слоя с повышенной рассеивающей способностью на высоте около 20 км.

Как известно из сумеречных исследований и из практики прожекторного зондирования, поляризационные характеристики рассеянного света много чувствительнее к присутствию аэрозоля, чем фотометрические. С этой точки зрения следует отметить результаты, полученные в 1947 г. И. П. Смирновым, Г. В. Розенбергом и М. В. Шишкиной. Оказалось, что в ясную погоду, в интервале высот приблизительно от 15 до 21 км, степень поляризации рассеянного атмосферой света прожектора, как правило, больше, чем можно ожидать при молекулярном рассеянии. Единственным объяснением этого эффекта может быть присутствие на соответ-

¹ См. L. Elterman. Доклад на Международном симпозиуме по исследованию радиационных процессов. Ленинград, август, 1964.

от земной поверхности и вновь уходит за пределы атмосферы (рис. 4). При этом атмосферные слои просматриваются в направлениях, близких к касательным, что чрезвычайно усиливает все эффекты, связанные с рассеянием и поглощением света. В частности, путь l луча в однородном слое, имеющем толщину η км и высоту основания h км, при $y = h$, приблизительно равен $225 \sqrt{\eta}$ км, т. е. несравненно больше, чем η . Характер зависимости l от y различен при различных

¹ См. Г. В. Розенберг. «Физика атмосферы и океана», 1965, т. 1, № 4, стр. 377; 1966, т. 2, № 1; Г. В. Розенберг, В. В. Николаева-Терешкова. «Физика атмосферы и океана». 1965, № 4, стр. 386; К. П. Феоктистов, Г. В. Розенберг и др. Доклад на 6-й сессии КАСПАР. Буэнос-Айрес, май, 1965. Г. В. Розенберг, А. Б. Сандомирский, Г. И. Трифонова. «Физика атмосферы и океана», 1965, т. I, № 12.

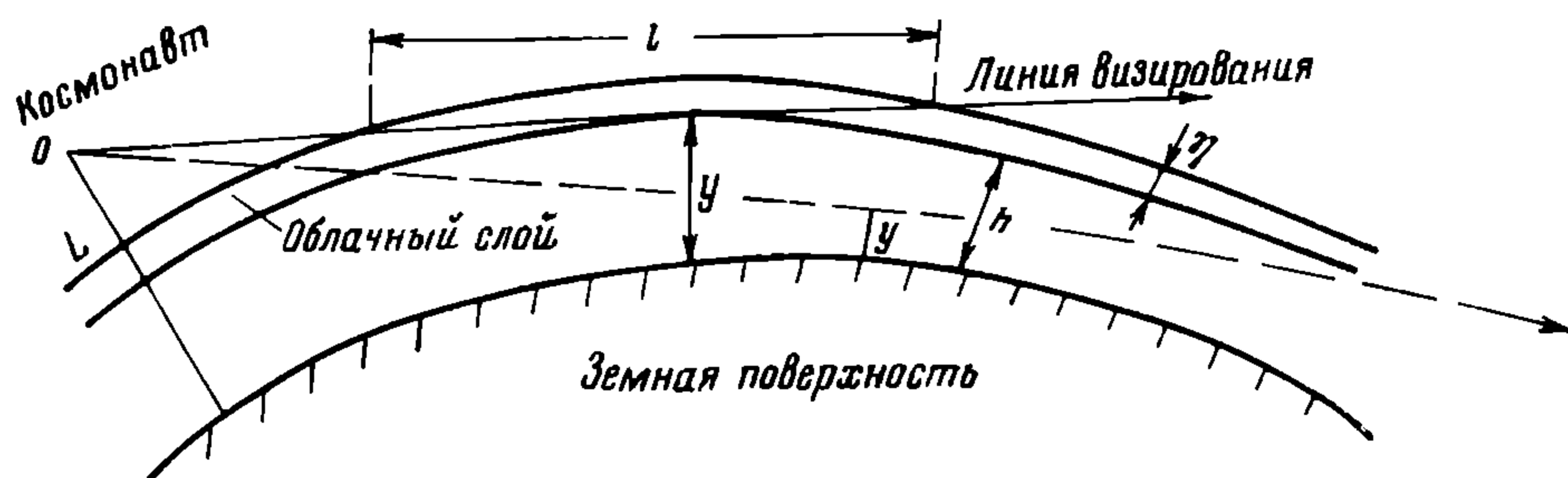


Рис. 4. Схема наблюдения аэрозольных слоев из космоса

вующих высотах аэрозольных частиц, размеры которых близки к длине световой волны, причем их суммарная рассеивающая способность должна быть близка к рассеивающей способности воздуха на том же уровне.

КОСМОНАВТАМ ВИДНЕЕ!

Совершенно новые возможности открыли космические корабли¹. Находясь достаточно высоко над поверхностью, космонавт видит у края планеты как бы вертикальный разрез окружающей ее атмосферы. Линия визирования при этом сначала погружается в атмосферу, проходит на наименьшем расстоянии y

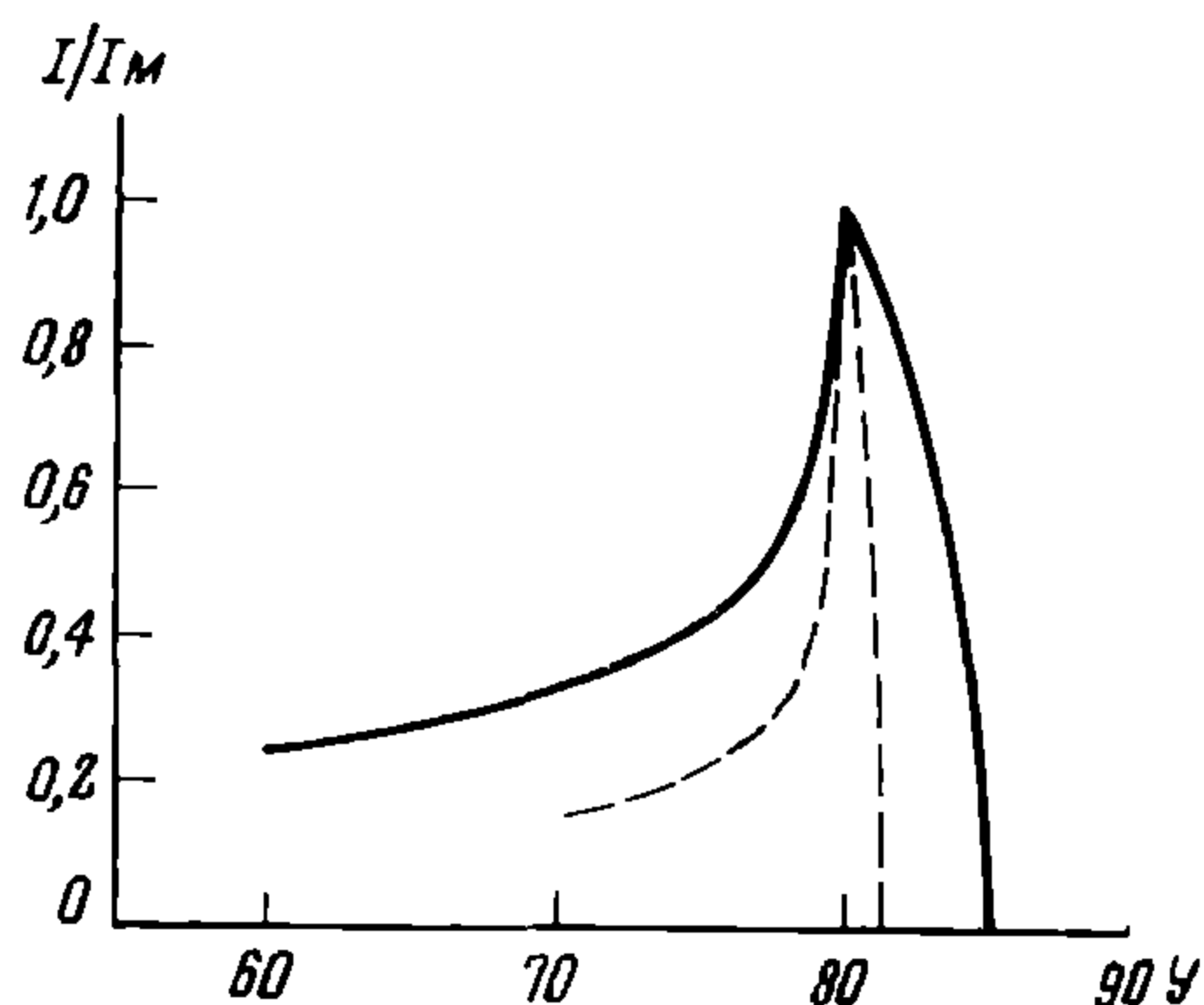


Рис. 5. Зависимости длины пути луча в слое от γ при $h = 80$ км и $\eta = 5$ км (сплошная кривая) и 1 км (пунктирная кривая)

высотах и толщине слоев (рис. 5). Но коль скоро эта зависимость известна, яркостный профиль световой дымки у края планеты может дать зависимость коэффициента рассеяния воздуха от высоты.

Следует различать случаи, когда просматриваемый слой освещен прямыми лучами Солнца и обнаруживается по рассеянному им свету и когда просматриваемый слой находится в тени и экранирует световое поле, расположенное по другую сторону края планеты¹ (этим полем может быть диск светила или высокие слои атмосферы, находящиеся в зоне сумерек и освещенные солнцем из-за тела планеты).

В первом случае, реализуемом при наблюдении дневного горизонта, яркость воздушной дымки над телом планеты приблизительно равна

$$B_{\text{дн}}(y) \cong G [1 - T(y)],$$

где G — постоянная, а $T(y)$ — прозрачность атмосферы вдоль линии визирования, близкая к нулю при малых y и быстро стремящаяся к единице при $y \geq 10-30$ км в зависимости от длины световой волны. Во втором же случае, реализуемом, когда занимающаяся над телом планеты зоря наблюдается с корабля, находящегося в области тени,

$$B_{\text{зар}}(y) \cong B_0(y) T(y).$$

Здесь $B(y)$, вообще говоря, монотонно, но медленно убывает с ростом y .

Анализ показывает, что во втором случае, т. е. когда космонавт наблюдает из области тени зарю, занимающуюся над телом планеты, облака должны выступать на фоне зари

¹ См. ссылку на стр. 30, а также *F. Volz. «Tellus», 1965, v. 17, N 2, p. 116; D. Deirmendjian. Proc. 1-st Intern. Sympos. Rocket and Satellite Meteorolog, Washington, 1962, N. Holl. Publ. Co. 1963, p. 406.*

в виде темных силуэтов. При этом особенно рельефно должны обнаруживаться облака в диапазоне высот 10—30 км, тогда как серебристые облака вряд ли могут быть обнаружены. Напротив, при наблюдении дневного горизонта облака, вообще говоря, должны образовывать светлые полосы на фоне неба у горизонта, причем контраст должен расти с увеличением y . Это означает, что тропосферные облака должны оставаться невидимыми, стратосферные (например, перламутровые) облака должны едва просматриваться преимущественно по цветовому контрасту, а мезосферные (например, серебристые) должны отчетливо выступать на фоне дневного горизонта планеты. То, что они до сих пор не наблюдались космонавтами, по-видимому, свидетельствует об отсутствии серебристых облаков в периоды космических полетов на дневных участках траекторий кораблей.

Обратимся теперь к результатам экспериментов. На вклейке II, а приведена фотография занимающейся зари, полученная В. В. Николаевой-Терешковой с борта космического корабля «Восток-6». На этой фотографии видно, что рассеяние света атмосферным воздухом в подобных условиях прослеживается до очень больших высот порядка 150—200 км. Особо примечательны две темные полосы, пересекающие ореол зари вдоль всего контура края планеты, т. е. на протяжении нескольких сот километров. Это тени стратосферных облаков. Фотометрический анализ снимка позволил определить высотную зависимость коэффициента рассеяния аэрозоля, вызвавшего появление этих полос (рис. 6). Аналогичные цветные фотографии

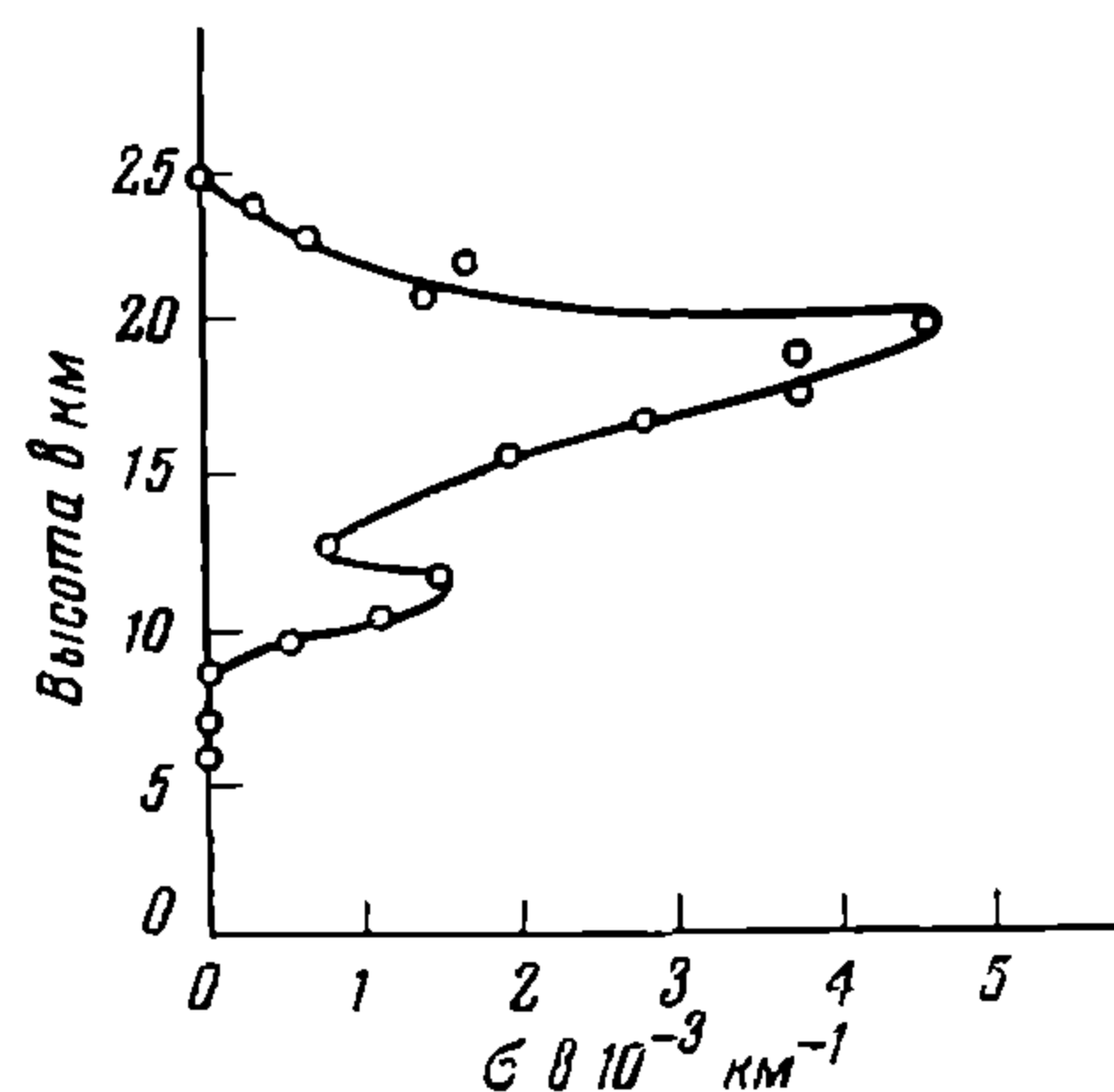


Рис. 6. Высотная зависимость коэффициента рассеяния стратосферного аэрозоля, найденная из фотографии на вклейке II, а

можно найти и в фильмах, снятых другими космонавтами. На вклейке I, б воспроизведен участок заревого горизонта, снятого К. П. Феоктистовым с борта космического корабля «Восход». На этом снимке обнаруживается уже не два, а три темных слоя. Их голубоватая окраска означает, что вещество слоя сильнее рассеивает в красной области спектра, чем в синей (вспомним синее Солнце!). Примечательно, что эта особенность слоя на высоте около 19 км отмечается всегда (в том числе днем) и при визуальных наблюдениях.

Пример фотографии дневного горизонта, сделанной с корабля «Восход» через синий светофильтр, показан на вклейке II, б. На рис. 7 изображены его фотометрический разрез, а также примеры визуальных зарисовок аналогичных разрезов из числа сделанных

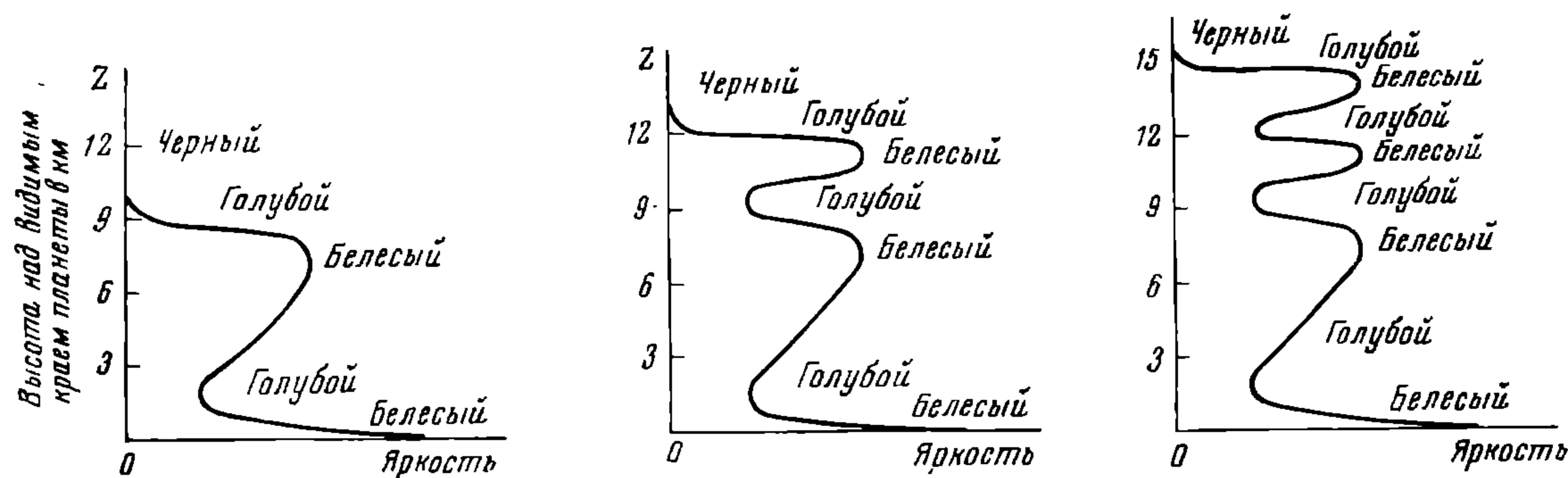
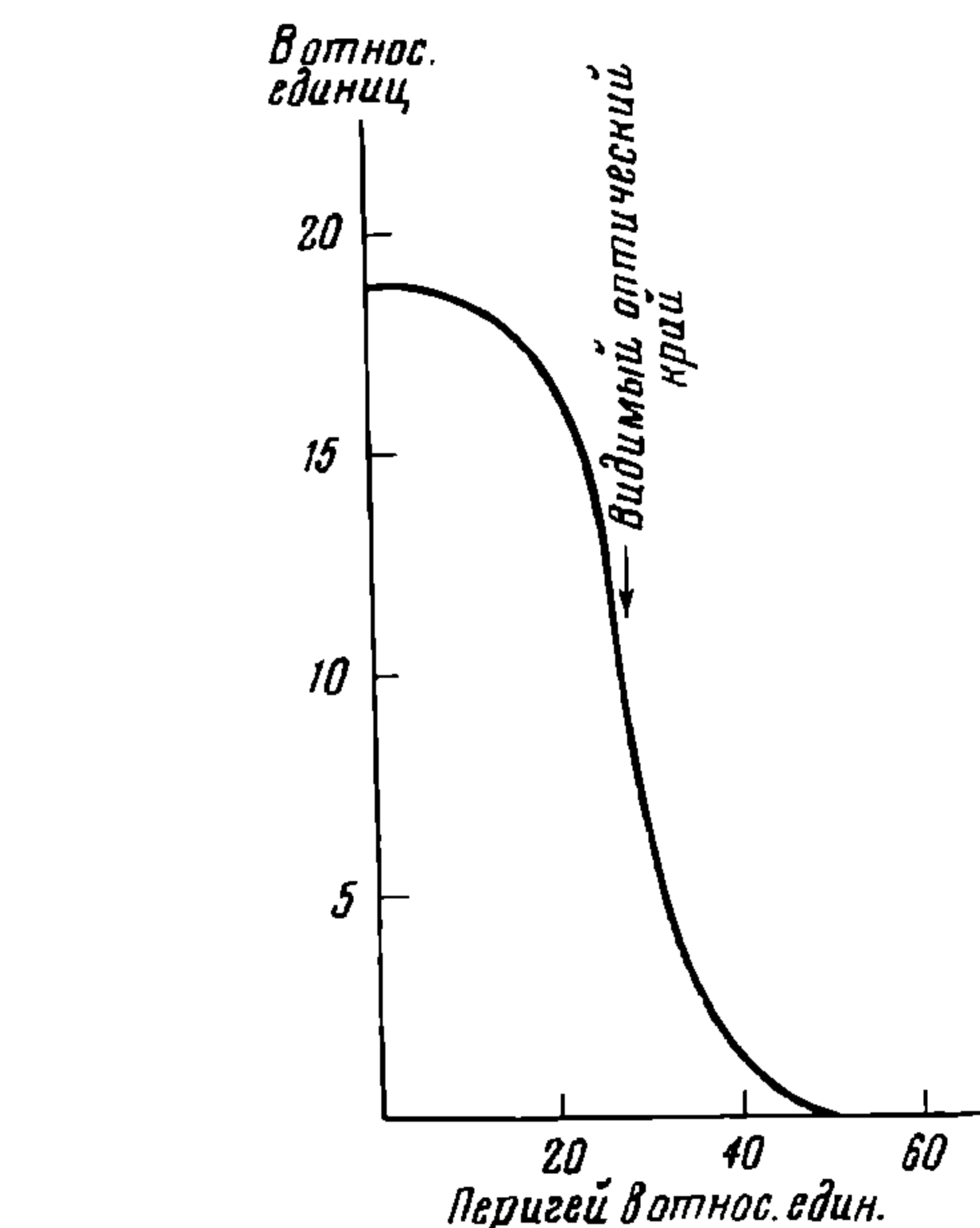
К. П. Феоктистовым¹. На фотометрическом разрезе, как и ожидалось, не обнаруживается ни тропосферных, ни стратосферных облаков. Последние слабо просматриваются лишь визуально как светлые полосы, с окраской, дополнительной к их окраске при сумеречных наблюдениях.

Итак наблюдения из космоса отчетливо выявили существование весьма протяженного и сравнительно однородного аэрозольного слоя на высоте около 19 км (см. рис. 6). Ранее его существование, как мы видели, было лишь правдоподобной гипотезой. Выявлено также, что слой этот существует не повсеместно. Например, его нет на полученной К. П. Феоктистовым фотографии заревого ореола планеты (вклейка II, в), а в некоторых случаях над ним появляется еще один более высокий слой — быть может перламутровые облака (см. вклейку I, б).

Если теперь собрать воедино оптические свидетельства о стратосферном аэрозоле (Цветное Солнце, Кольцо Бишоп, усиление Пурпурного света, поляризация рассеянного света прожектора, цвет полос у горизонта на просвет и в рассеянном свете), то неизбежно следует вывод, что размеры образующих

¹ См. Материалы 6-й сессии КОСПАР. Буэнос-Айрес, май, 1965; Материалы конференции по исследованию космического пространства, Москва, июнь, 1965.

Рис. 7. Высотный разрез дневного горизонта планеты: *вверху* — фотометрический разрез по фотографии, помещенной на вклейке II, б, *внизу* — визуальные зарисовки К. П. Феоктистова



слой частиц лишь немного превышают длину световой волны для видимой области спектра, т. е. их радиус около $0,5-0,6$ мкм. Это сразу же дает возможность оценить их концентрацию — около 1 частицы на 1 см^3 — и удельный объем — порядка $5 \cdot 10^{-13}$.

Это только сугубо предварительные результаты. Каждая космическая фотография горизонта содержит исключительно богатую информацию об оптическом строении атмосферы, а тем самым и о содержащемся в ней аэрозоле. Напомним, что получаемая на одной фотографии область атмосферы имеет протяженность около $150-200$ км в вертикальном направлении и $500-2000$ км по горизонту, причем легко может быть обеспечено разрешение порядка 1 км и, кроме того, фотографии могут быть получены в различных участках спектра.

ПЫЛИНКА К ПЫЛИНКЕ

Но есть и другой путь изучения стратосферного аэрозоля. Это — скрупулезное собирание пылинок в воздухе на соответствующих высотах и их микроскопический и физико-химический анализ. По этому пути пошли, в частности, Юнге и его сотрудники, получившие весьма примечательные результаты¹. Для сбора проб воздуха ими использовались специально разработанные ловушки различных типов, поднимаемые на баллонах или самолетах. Длительность забора пробы колебалась от 1 до 10 часов. За это время собирались пылинки, содержащиеся в объеме от десятых долей до полутора тысяч кубических метров воздуха на трассах протяженностью от 1 до 5000 км. Измерения на баллонах в основном позволяли получать локальные вертикальные разрезы атмосферы, а измерения, которые велись при помощи самолета на высотах $18-20$ км, давали географическое распределение аэрозоля на этой высоте, осредненное по участкам протяженностью в несколько тысяч километров.

Оказалось, что распределение частиц по размерам на высоте около 20 км весьма устойчиво и в общих чертах отвечает закономерности, которую Юнге ранее наблюдал для тропосферного аэрозоля². Примеры рас-

¹ См. Ch. Junge et alia. «Journ. Meteorologie», 1961, v. 18, N 6, p. 746; «Journ. Geophysical Research», 1961, v. 66, N 7, p. 61.

² $\frac{dN}{d \ln r} = C r^{-\alpha}$, где C и α зависят от высоты и могут быть разными для разных диапазонов r .

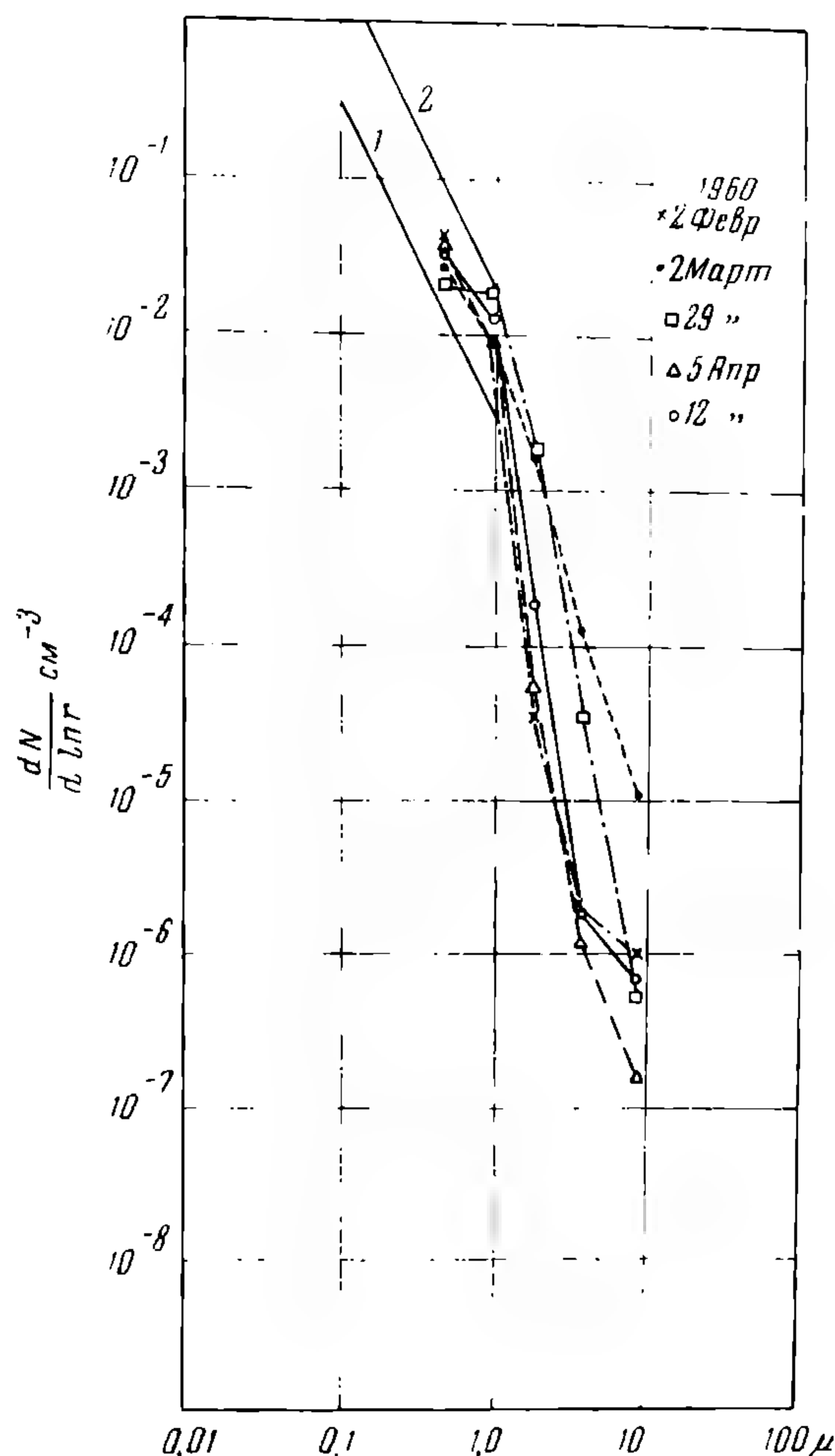


Рис. 8. Распределение частиц по размерам на уровне 20 км по самолетным измерениям

пределений, полученных при помощи самолетов, показаны на рис. 8. Кривые 1 и 2 указывают границы вариаций распределений, полученных ранее на баллонах.

Оказалось, что стратосферный аэрозоль отчетливо распадается на три фракции. Концентрация мельчайших частиц, а именно ядер конденсации с $r \leq 0,1$ мкм, быстро убывает с высотой по закону, свидетельствующему об их «земном» происхождении, т. е. подтверждающему то, что в стратосферу они попадают в результате их выноса ветром с земной поверхности. Концентрация так называемых «гигантских» частиц с $r \geq 1$ мкм очень мала (на высоте 20 км при трассе протяженностью 4 тыс. км, на площадку в

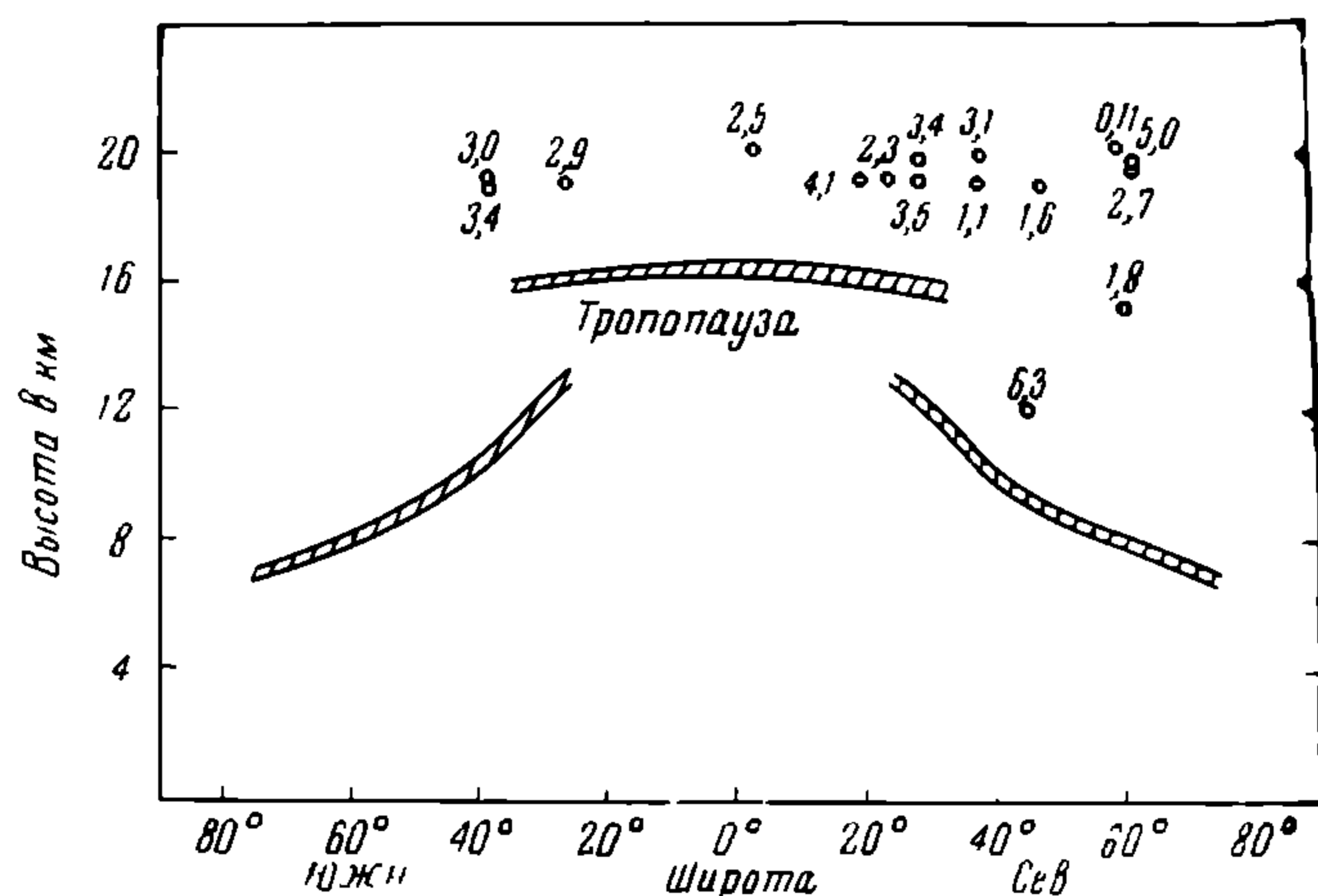


Рис. 9. Широтная зависимость концентрации гигантских частиц в стратосфере по самолетным измерениям. Цифры указывают число частиц в 1000 см^3

1 см^2 приходилось всего несколько частиц с $r > 10 \text{ мкм}$) и почти не зависит от широты (рис. 9). Химический анализ частиц диаметром от 6 до 40 мкм показал, что состав их разнообразен, но в основном они содержат либо Si, либо Al, Ca, Fe и S с небольшой примесью других элементов. По мнению Юнге и соавторов, это частицы метеорного происхождения. Напомним, что теоретические оценки¹ приводят к выводу, что в интервале высот между 10 и 20 км должен иметь место максимум концентрации частиц внеземного происхождения.

Однако ни мельчайшие, ни гигантские частицы не могут играть никакой роли в оптике стратосферы. Оказалось, что размеры 99% всех встречающихся в пробах частиц лежат между 0,1 и 1,0 мкм , причем, как известно, частицы этого диапазона рассеивают свет гораздо эффективнее, чем более крупные или более мелкие. Такой вы-

вод находится в согласии с результатами оптических наблюдений.

Оказалось, что в высотном распределении этих, по номенклатуре Юнге, «больших» частиц существует резко выраженный максимум на высоте около 19 км (рис. 10). По наблюдениям с самолетов, их концентрация мало меняется в зависимости от времени года и географических координат. При этом в максимуме аэрозольного слоя, на высоте от 15 до 23 км , оказывается около одной частицы на 1 см^3 .

Сопоставление рис. 10 с рис. 6, а также величин r , N , v , найденных обоими методами, показывает, что анализ проб стратосферного аэрозоля выявляет существование того же слоя частиц, который был обнаружен на космических фотографиях. Имеется, однако, существенное различие. Пробы дают представление лишь о сухом остатке аэрозольных частиц, тогда как оптические методы позволяют наблюдать их *in vivo*, включая водную или ледяную оболочку. Это особенно важно в связи с тем, что частицы эти очень гигроскопичны и служат активными ядрами конденсации как жидкой, так и кристаллической воды. Этим, в частности, объясняется то, что оптические наблюдения приводят к несколько большим значениям r и v , чем прямые пробы. Кроме того, данные космических наблюдений опровергают вывод Юнге о вре-

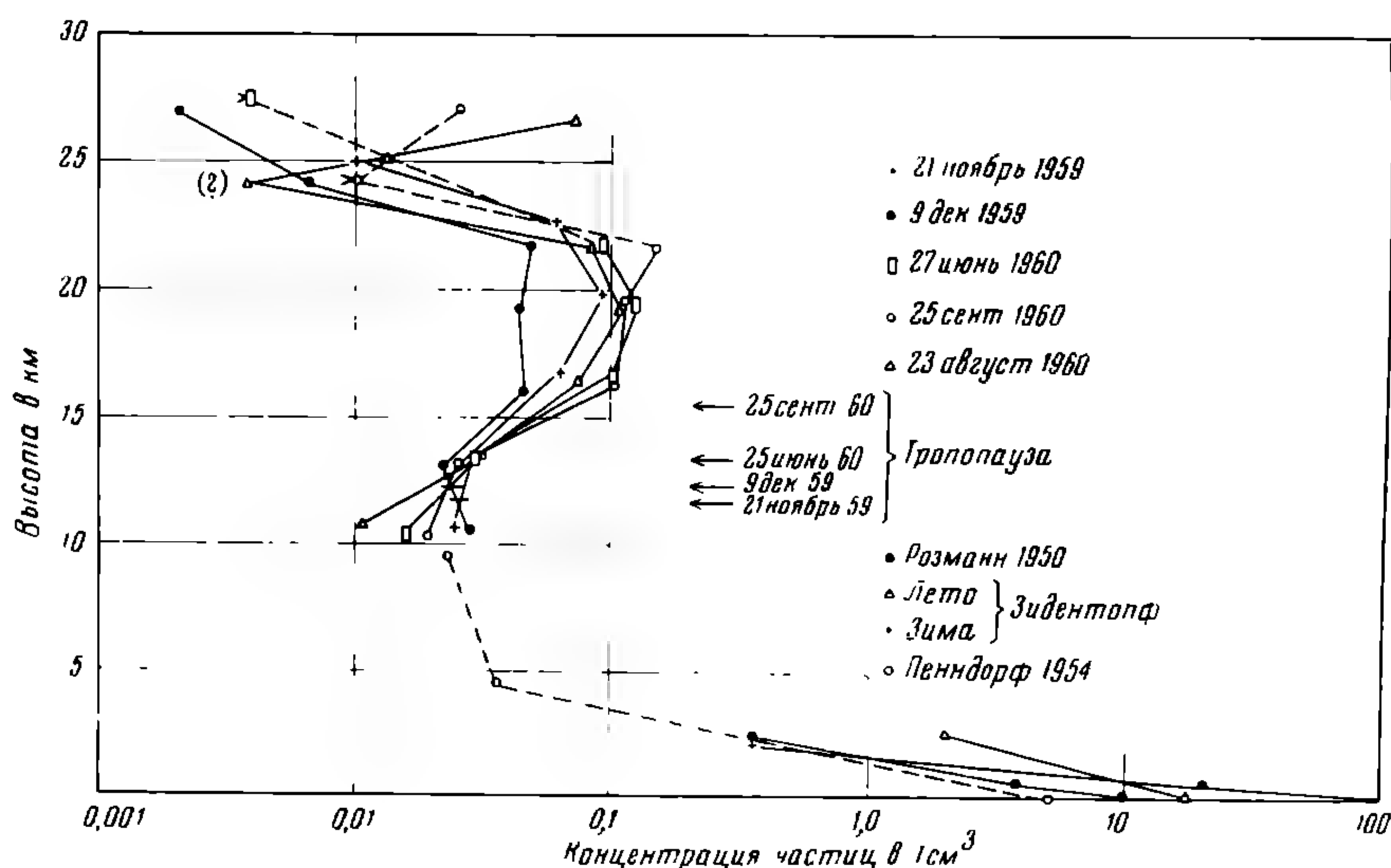


Рис. 10. Высотная зависимость счетной концентрации аэрозольных частиц по данным Юнге и сотрудников (стратосфера) и других исследователей (тропосфера)

¹ См., например, А. А. Дмитриев. [«Известия АН СССР, сер. геофизическая», 1964, т. 10, стр. 1468.



Серебристые облака



Цветная фотография зари над краем планеты. Снимок К. И. Феоктистова

«Природа», 1966, № 3

Фотография зари, занимающейся над четко обрисованным краем темного тела планеты. Темные полосы — тени аэрозольных слоев на высотах около 11 и 19 км. Снимок В. В. Николаевой-Терешковой (а); фотография с борта космического корабля «Восход» дневного горизонта планеты через синий светофильтр (б); фотография зари, занимающейся над краем планеты. Обращает на себя внимание отсутствие аэрозольных слоев. Снимок К. П. Феоктистова (в)



а



б



менной и пространственной стабильности этого слоя, по крайней мере в глобальных масштабах.

Совершенно неожиданными оказались результаты химического анализа этой фракции частиц: SO_4 — 89%, Al — 5,6%, K — 1,7%, Si — 1,4%, Ca — 1,3%, Fe — 0,9%, Cl — 1,1%. Кроме того, были найдены ионы аммония и других окислов азота. Зависимость содержания серы в стратосферном слое от географической широты показана на рис. 11. Таким образом, основной составной частью аэрозольных образований в стратосфере оказывается сера, которая находится там в форме сульфатных солей аммония — вероятно $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Тем самым совершенно по-новому был поставлен вопрос о происхождении аэрозольного слоя.

СОЗДАНО В СТРАТОСФЕРЕ!

И-фотографии, сделанные при космических полетах, и анализы стратосферного воздуха совершенно различными и независимыми методами, с равной степенью убедительности доказали существование слоя аэрозоля на высоте около 19 км и позволили выявить его основные характеристики. Эти характеристики оказались именно такими, какие нужны для объяснения ряда особенностей зари, в том числе возмущенной, и обширного ряда других атмосферно-оптических явлений. Если это так, то доказанная на обширном наблюдательном материале связь этих явлений с вулканической деятельностью должна быть распространена и на этот слой, который с полным основанием можно назвать «заревым». Вопрос о характере этой связи равноценен, в сущности, вопросу о происхождении заревого слоя. Но тут мы уже вступаем на зыбкую почву гипотез и, прежде чем обратиться к ним, следует рассмотреть возможную связь заревого слоя с перламутровыми облаками.

Уже отмечалось, что на ряде фотографий сумеречного края планеты, в том числе на

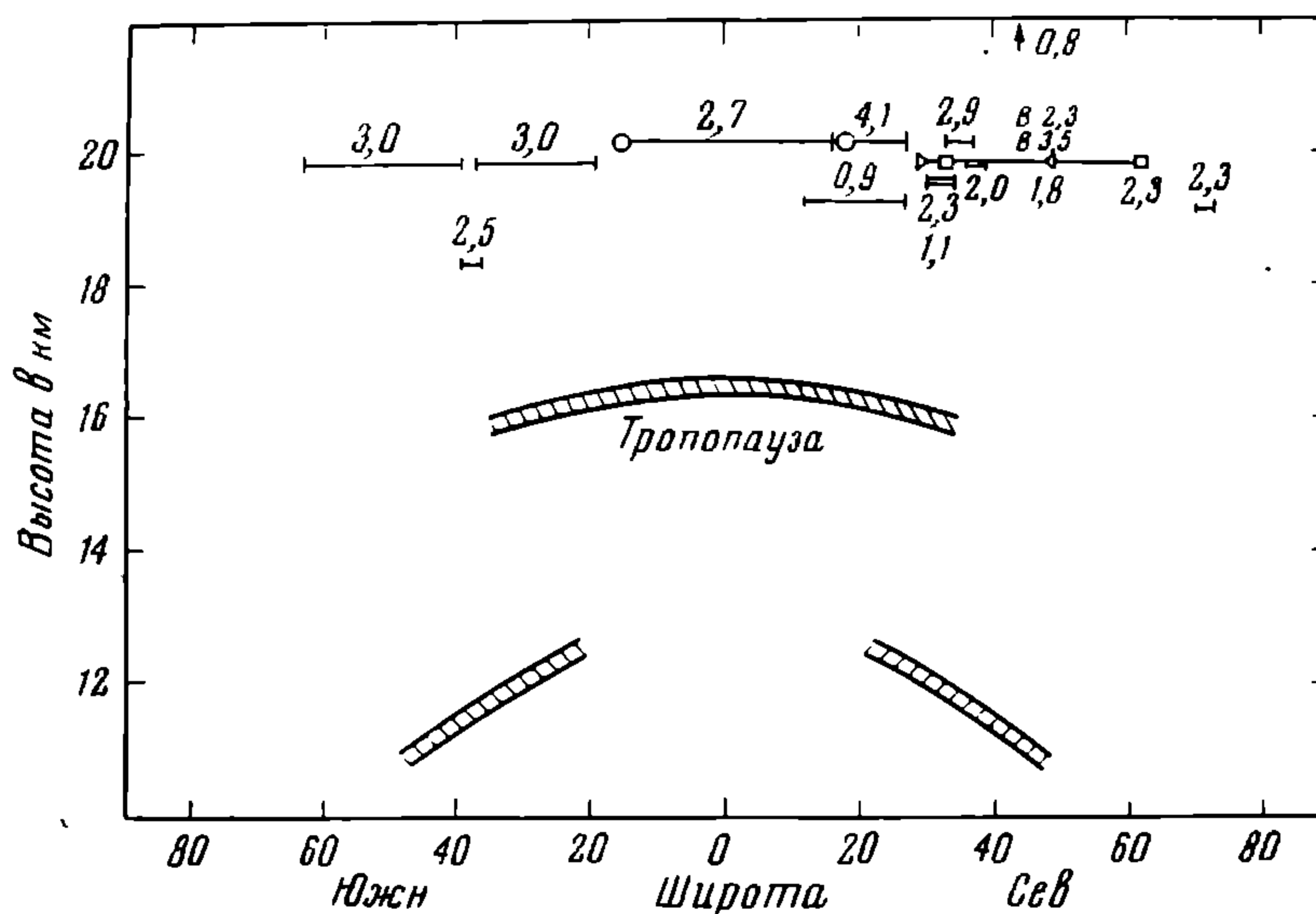


Рис. 11. Широтная зависимость содержания серы в стратосферном слое аэрозоля (в 10^{15} г/см^3)

некоторых фотографиях К. П. Феоктистова, выявляются силуэты третьего облачного слоя примерно на том месте, где должны находиться перламутровые облака. Это позволяет думать, что последние обычно соседствуют с заревым слоем. С другой стороны, А. Я. Дривинг¹ высказала тщательно обоснованное предположение, что перламутровые облака возникают на высотах 22—30 км в результате конденсации влаги в условиях адиабатического поднятия воздушных масс. Если теперь предположить, что ядрами конденсации служат гигроскопические частицы заревого слоя, то такой процесс должен сопровождаться ростом размеров частиц и незначительным увеличением их концентрации N , как это непосредственно видно из сопоставления характеристик перламутровых облаков и заревого слоя. Тем самым разрешается и основное затруднение гипотезы А. Я. Дривинг.

Обращаясь к происхождению самого заревого слоя, следует, прежде всего, сразу же исключить возможность образования заревого слоя из метеорной материи. Это с безусловностью вытекает из химического состава аэрозоля. По тем же соображениям его образование нельзя приписать и выносу аэрозоля из нижних слоев атмосферы. Сле-

¹ «Известия АН СССР, сер. геофизическая», 1954, № 3, стр. 410.

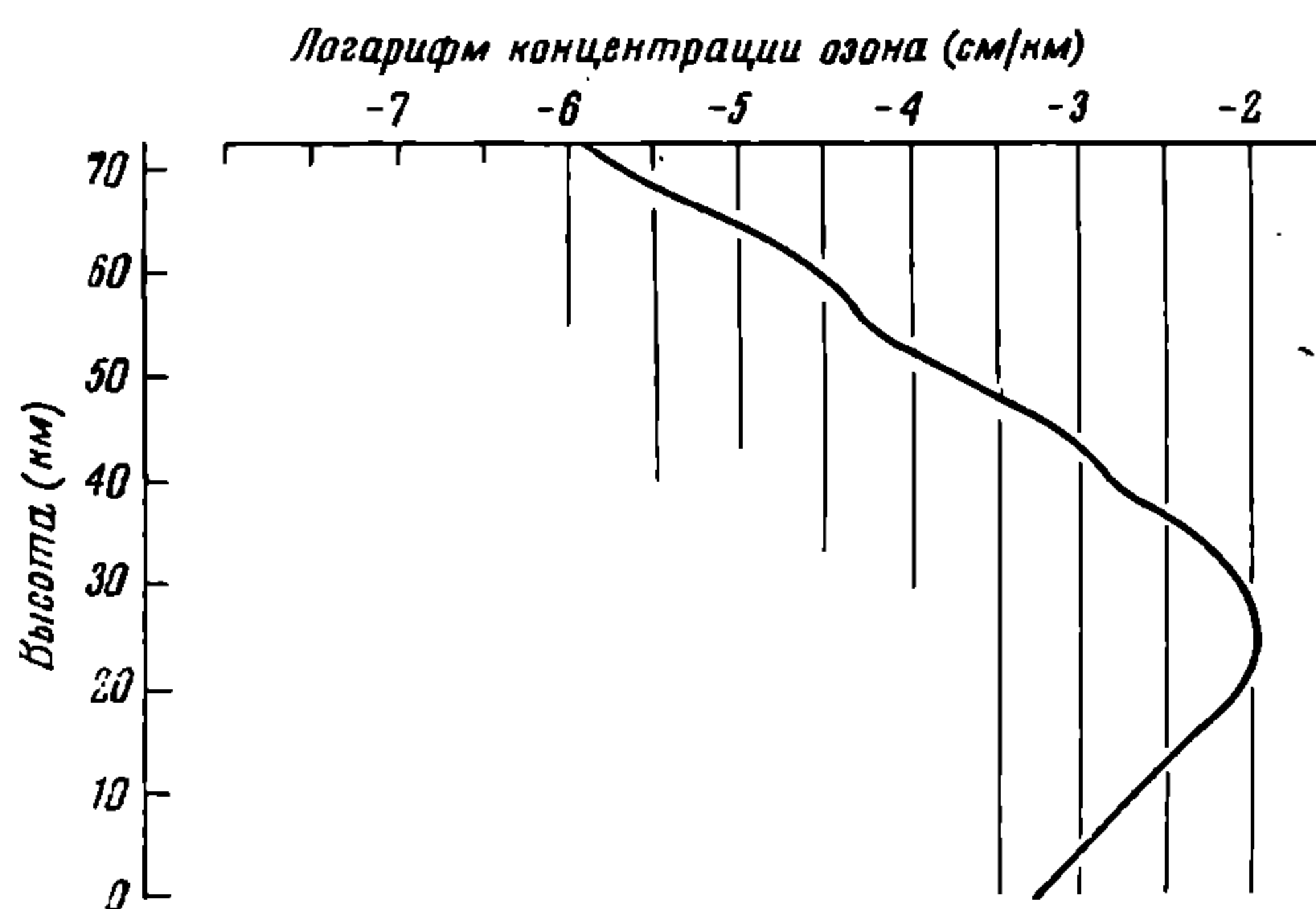


Рис. 12. Среднее высотное распределение озона

довательно, вещество слоя должно либо вторгаться в атмосферу в результате насильственного процесса, либо создаваться внутри самой атмосферы в результате химической реакции.

Первая гипотеза, казалось бы, может сразу же объяснить связь с вулканической деятельностью, если ее рассматривать как источник вторжения вещества в стратосферу. Однако, если предположить, что заревой слой создается в результате вторжения вулканического пепла (как это думали в конце прошлого века), то становится необъяснимым, во-первых, отсутствие в нем частичек пемзы и других составных частей пепла (т. е. химический состав частиц) и, во-вторых, устойчивость концентрации продуктов вулканической деятельности в очень стабильном интервале высот. Правда, в тропических широтах этот интервал высот близок к высоте тропопаузы, где обычно создаются благоприятные условия для накопления аэрозоля. Но в средних широтах слой располагается высоко над тропопаузой (см. рис. 11) без заметного изменения этой высоты. Кроме того, период выпадения вещества заревого слоя оценивается в несколько месяцев, т. е. требуются достаточно частые мощные извержения для его возобновления.

Гипотеза о том, что вещество заревого слоя возникает в самой стратосфере в результате химической реакции, была выдвинута Юнге¹, предположившим, что эта реакция происходит между просачивающимся из тро-

посферы сернистым газом и озоном, среднее высотное распределение которого, показанное на рис. 12, изменяется сравнительно мало. Этим и обеспечивается, в частности, постоянство высоты заревого слоя, концентрация которого отвечает динамическому равновесию между процессами образования и выпадения частиц.

В подкрепление этой гипотезы можно высказать еще одно соображение. А. Я. Дривинг обратила внимание на то, что существует прямая связь между сезонными зависимостями частоты появления перламутровых облаков и концентрации атмосферного озона (рис. 13). При этом увеличение концентрации озона обычно связано с изменением его вертикального распределения, благоприятствующим ускорению химических реакций на периферии озонного слоя. Если стать на точку зрения Юнге, то возрастание концентрации озона должно вести к увеличению концентрации частиц в аэрозольном слое, т. е. к увеличению числа ядер конденсации. В свою очередь, это должно способствовать увеличению концентрации частиц в перламутровых облаках, т. е. улучшению условий их наблюдаемости.

Однако в чистом виде гипотеза Юнге представляется неприемлемой, так как не может объяснить связи заревого слоя с вулканическими извержениями. Эта трудность, очевидно, снимается, если сочетать обе гипотезы — вторжения и генерации частиц внутри атмосферы. Для этого достаточно предположить, что именно вулканические извержения поставляют сернистый газ, т. е. что уси-

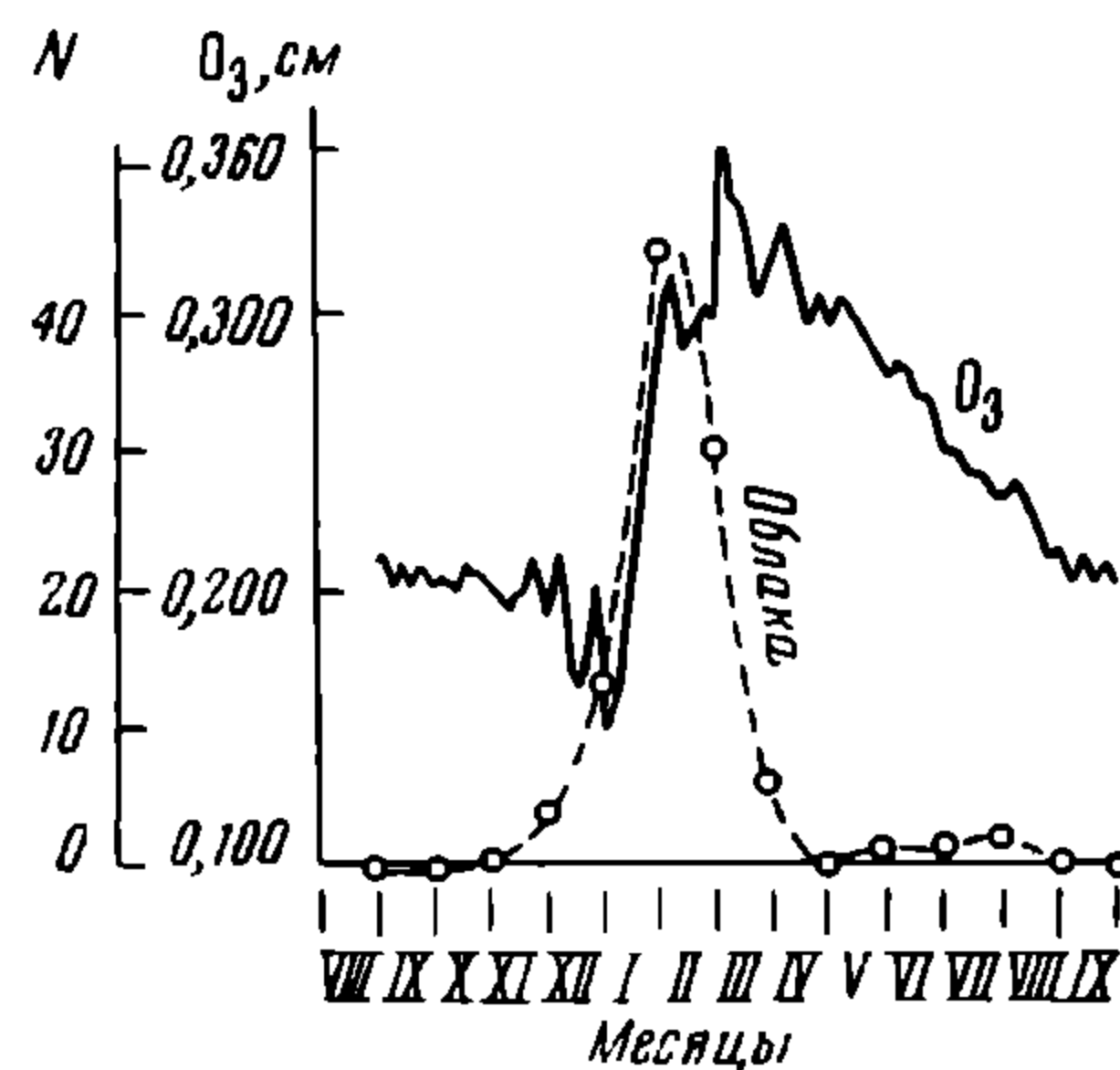


Рис. 13. Связь между сезонными зависимостями частоты появления перламутровых облаков (N) и содержанием озона

¹ См. Ch. Junge. «Geophys. Res.», 1960, v. 65, N 1; 1961, v. 66, N 7, p. 61; «Journ. Meteorolog», 1961, v. 18, N 1, p. 81; N 5, p. 501; N 6, p. 804.

ление заревого слоя происходит в результате вторжения в стратосферу не самого вулканического пепла, а сопровождающего его сернистого газа. В связи с этим стоит заметить, что общее содержание серы в заревом слое, рассчитанное на основании данных, приведенных на рис. 11, составляет около 10^4 т и что для поддержания слоя необходимо обновление его вещества не более нескольких раз в год. Иными словами, газовыделение вулканов заведомо обеспечивает возможность такого процесса.

Насколько это объяснение соответствует действительности — покажет будущее. Но и теперь оно уже требует решения ряда конкретных вопросов, которые, надо думать, привлекут к себе внимание исследователей. Например, нужно выяснить непосредственную связь заревого слоя с вулканическими и погодообразующими процессами, а также обратное влияние заревого слоя и вулканической деятельности на озоносферу. Наконец,

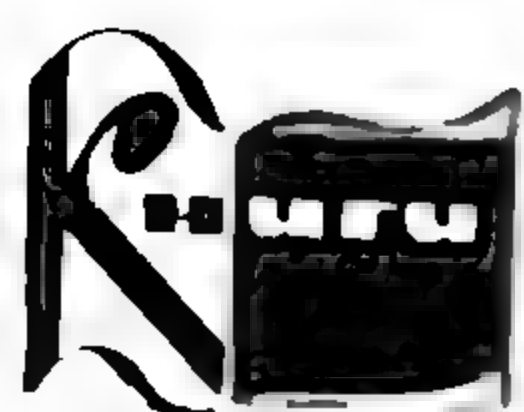
открытие заревого слоя и неожиданной природы образующих его частиц делает необходимым тщательное изучение вопроса о возможном его влиянии на термический режим стратосферы.

УДК 551.593.55



К. П. Феокистов и проф. С. Л. Мандельштам (ФИАН) на Конференции по исследованию космического пространства

Фото М. Кулешовой



Е. Мархинин

ЦЕПЬ ПЛУТОНА

Изд во «Мысль», 1965, 230 стр., ц. 88 коп.

Эта книжка — гимн трудной и гордой профессии вулканологов. На прекрасных цветных фотографиях видно, как огненные фейерверки вырываются из кратеров, одинокое стоит палатка на крутом откосе вулканического конуса, голубые озера в кальдерах...

Много лет Е. К. Мархинин исследовал действующие и угасшие вулканы Курило-Камчатской огненной дуги, спускался в гроыхающие взрывами кратеры,

высаживался на необитаемых вулканических островах, подсчитывал количество продуктов извержений. Результаты его геологических исканий нашли отражение в десятках научных статей, любопытных, хотя, может быть, и спорных представлениях автора о том, что земная кора — это продукт вулканических процессов.

Во всех главах много интересных сведений о вулканах и природе далекого края, которые привлекут внимание не только любознательного читателя и ценителя природы, но и специалиста. Читатель в книге обнаружит немало таких сведений, которых не найти в других книгах, даже специальных.

Яркие картины дикой и пре-

красной природы, описание поразительных явлений, разыгрывающихся у самого края «огненной бездны», не заслоняют главного — людей. О тех, кто вместе с Е. К. Мархининым совершал опасные восхождения, бороздил прибрежные воды Курил, нес ответственную и нелегкую вахту вблизи кратеров, автор пишет тепло, с юмором. И вот они — вулканологи и их спутники — предстают перед читателем — люди разных характеров, но связанные большой любовью к своему делу.

В. И. Лебединский
Симферополь

А. И. Шалимов
Ленинград

КОНТУРЫ *подводной* ТОПОГРАФИИ

НОВЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДНА АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

А. В. Ильин

Кандидат географических наук

Первый трансатлантический кабель * Погребенные горы * Песчаные водопады, илистые потоки * Тысячи подводных вулканов

ЗАИНТЕРЕСОВАННЫЕ «СТОРОНЫ»

Познание дна океана становится в наши дни насущной потребностью естествознания. Именно там, под покровом километровых толщ воды, следует искать ответы на многие вопросы эволюции Земли, развития жизни на Земле. Ученым уже давно стало ясно, что нельзя полностью понять ход геологических преобразований планеты, не имея представления о том, что происходит на большей ее части.

Известно, например, что крупные геологические структуры материков нередко оканчиваются на берегах океанов, оставляя исследователям строить догадки об их дальнейшей судьбе. В таких случаях поговорка «концы в воду» приобретает свой прямой смысл.

На протяжении многих десятилетий идет обсуждение причин общности фауны и флоры на разных материках, разделенных океанами. В воображении ученых невольно возникают величественные континентальные мосты, «перекинутые» через необъятные водные просторы. Такие мосты призваны объяснить возможность миграции животных с одного материка на другой.

А сколько книг написано об Атлантиде и других древних цивилизациях, якобы покоящихся на дне океана! По мнению ученых, причастных к этим трудам, океаны, — не только провалы в земной коре, но и провалы в истории человеческой культуры.

Для решения этих проблем изучение дна Атлантического океана представляет особый интерес. На берегах именно этого океана мы

наблюдаем существование характерных «оборванных» геологических структур, в отличие, например, от Тихого океана, где горные сооружения материков обрамляют океан, следуя вдоль его береговой линии. Поиски континентальных мостов также во многом связываются с историей развития Атлантики. И пропавшую без вести Атлантиду — наиболее яркое воплощение идеи погрузившихся на дно древних цивилизаций, помещают в Атлантическом океане.

Дно океана — его колыбель, фундамент всех процессов, протекающих в недрах голубого континента. Изучение океанических течений, химических процессов, распределения биологических ресурсов, разгадка начальных этапов образования осадочных пород и географических черт прошлого — невозможны без понимания особенностей подводной топографии.

ДО ЭХОЛОТА

Интерес к морскому дну возник давно. Не имея возможности исследовать пучины океана, ученые прежних времен все же догадывались о грандиозности явлений и процессов, протекающих под покровом водной толщи, о сложности строения дна. Вместе с тем, жизнь уже требовала подробных сведений о строении дна океана. В середине XIX в. мир был охвачен стремлением установить телеграфную связь между материками. С 1850 по 1866 гг. подводными телеграфными линиями были оплетены многие густонаселенные районы Европы и Америки. Но континенты были по-прежнему разделены океаном. Новости поступали из одного конца мира в другой со скоростью парусного судна того времени.

Фото автора.

Первым, кому пришла мысль о транс-океанской прокладке кабеля был Морзе — создатель знаменитой телеграфной азбуки. Но первым смельчаком, отважившимся вступить в единоборство с океаном, был американский бизнесмен Сайрус Филд. И в 1858 г. была установлена связь между материками. Звездным часом человечества назвал Стефан Цвейг эпопею прокладки первого атлантического кабеля. Впоследствии эти работы продолжали развиваться, и кабельные суда сыграли решающую роль в изучении рельефа дна глубокого океана.

Позже исследованиями Атлантического океана занимались многие экспедиции. Основным прибором для измерения глубины служил лот с отделяющимся грузом. Тонны чугунных ядер нужно было везти в океан, чтобы получить несколько десятков надежных измерений глубин. Естественно, результаты более чем полувековых исследований, базировавшиеся на чрезвычайно примитивных средствах и способах измерения глубин, оказались, в конечном счете, недостаточно эффективными.

КЛЮЧ К ПОДВОДНОЙ ТОПОГРАФИИ

Коренной перелом в изучении рельефа дна произошел в 20-х годах в связи с изобретением эхолота. В Атлантическом океане первые данные звукового измерения глубин были получены на американском кабелепрокладочном судне «Стюарт», совершившем в 1922 г. пересечение океана на пути из Америки в Европу.

Однако наиболее эффективное применение нового способа измерения глубин было осуществлено на экспедиционном судне «Метеор», проводившем океанографические исследования в Атлантическом океане. На этом судне всего за два года было сделано 67 000 измерений глубин. Это была выдающаяся веха в истории изучения рельефа дна океана.

На основании исследований «Метеора» в 1935 г. была составлена батиметрическая карта Атлантического океана, которая на долгие годы легла в основу всех учебных карт и атласов и до сих пор сохранила свое значение как одна из самых содержательных работ по рельефу дна океана.

Особенно широкий размах получили работы по изучению рельефа дна Атлантического океана в послевоенные годы. Среди научных учреждений и организаций, прини-

мавших наиболее действенное участие в изучении подводного рельефа, следует прежде всего отметить Ламонтскую Геологическую обсерваторию США при Колумбийском университете и Океанографический институт в Вудсхолле. Крупный вклад внесли также шведские, немецкие, английские и отчасти французские исследователи.

В настоящее время (с 1957 г.) крупная роль в изучении дна Атлантического океана принадлежит Советскому Союзу.

На всех наших научных судах установлены глубоководные эхолоты-самописцы, а некоторые из них оборудованы регистраторами глубин высокой точности. Составленные многочисленные профили, батиметрические и другие карты позволяют дать детальное описание рельефа дна Атлантического океана и высказать некоторые соображения о происхождении подводной топографии.

Распределение глубин в Атлантическом океане укладывается в рамки определенных закономерностей. Вдоль всего океана гигантской змеей простирается Срединно-Атлантический хребет, занимающий 1/3 часть площади дна океана. Эта величайшая на земле горная система, не имеющая равных в пределах материков. По протяженности с ней могут сравниться лишь Анды, но площадь их значительно меньше. С обеих сторон хребта двумя широкими поясами тянутся холмистые и плоские абиссальные равнины. Они, в свою очередь, примыкают к материковому подножью. И, наконец, океаническая котловина замыкается с обеих сторон подводной окраиной материка (рис. 1).

ВЕЛИКАЯ ГОРНАЯ СТРАНА

В последние годы установлено существование планетарной системы срединно-океанских хребтов, гигантским спрутом обнимающих земной шар. Наиболее яркое звено этой системы — Срединно-Атлантический хребет, и его изучение имеет первостепенное значение для понимания развития системы в целом. Хребет состоит из множества линейных и изометрических вулканических плато, крупных подводных гор и вулканов (рис. 2). Элементы высокогорного рельефа разделены глубокими долинами, котловинами, ущельями. Можно сутками плыть над бесчисленными «провалами» дна, сменяющимися крутыми горами и массивными глыбами хребта. Нам известна, однако, лишь ка-

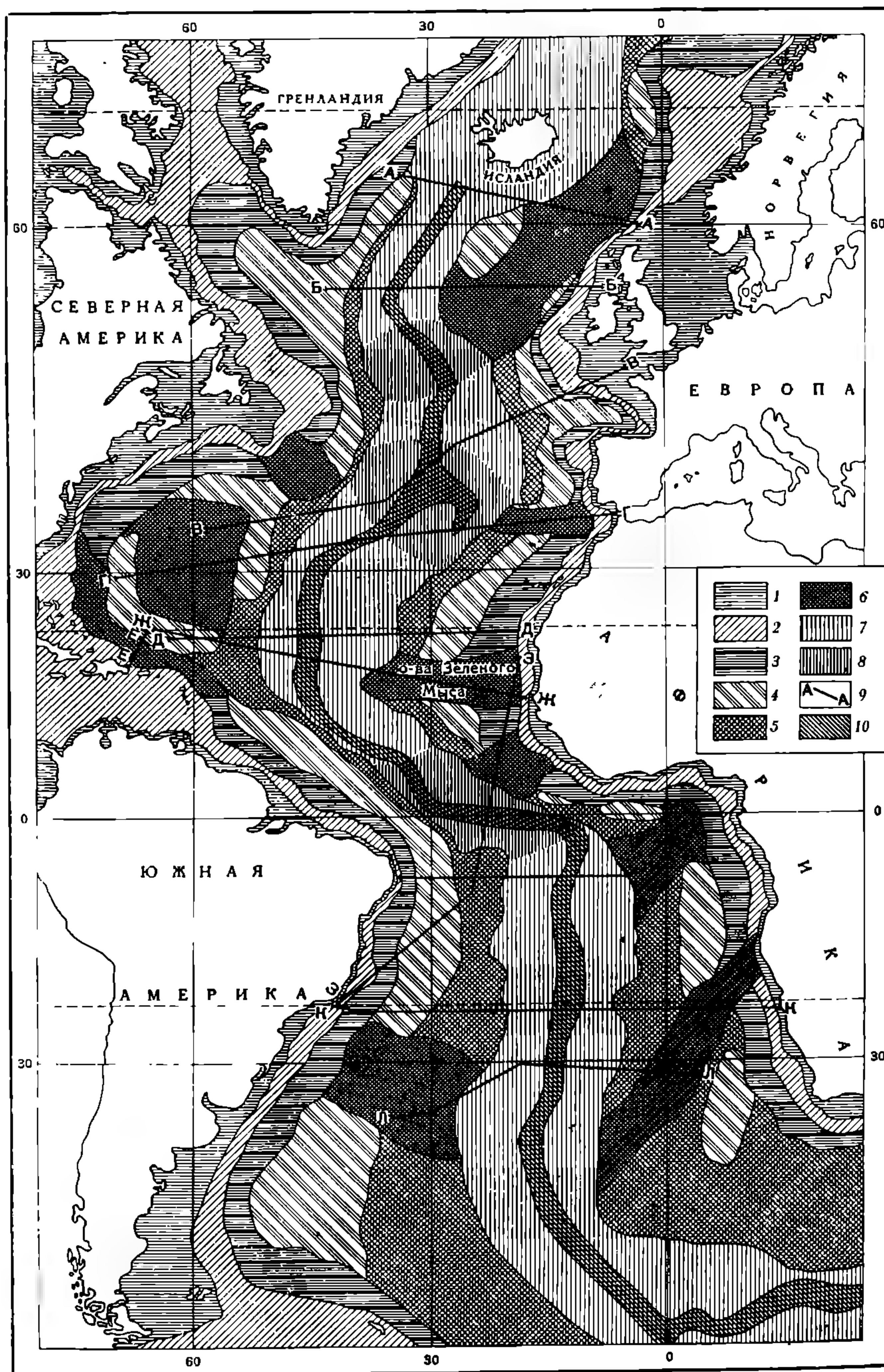


Рис. 1. Основные морфологические зоны дна Атлантического океана: материковая отмель (1), материковый склон (2), материковое подножье (3), плоские абиссальные равнины (4), холмистые абиссальные равнины (5), океанические поднятия (6), Срединно-Атлантический хребт (7), наиболее расчлененные области Срединно-Атлантического хребта (8), положение эхолотных профилей, показанных на рис. 2 (9), гребень Срединно-Атлантического хребта (10).

чественная картина строения рельефа хребта. Пока нет возможности подсчитать, сколько вершин поднимается над хребтом, сколько перевалов разделяет крупные блоки этого горного сооружения. Мы улавливаем лишь общие очертания хребта, наиболее крупные особенности его строения. Тем не менее уже сейчас можно заметить, как меняется морфология хребта в поперечном направлении и по простиранию.

На большинстве эхолотных профилей, пересекающих хребет, гребень его представляется своеобразным выступом, как бы вытолкнутым из массивного тела хребта. Относительные высоты здесь колеблются от 500 до 1000 м, а в отдельных случаях составляют 1500—2000 м. Это относится, главным образом, к рифтовой долине — глубокому ущелью в центре хребта. В пределах гребня отмечаются и максимальные углы наклона в $10-15^\circ$. Ширина гребня меняется вдоль хребта от 100—150 до 200—350 км, а высота в пределах нескольких тысяч метров. На севере, где простирается хребт Рейкьянес, глубины над гребнем поднимаются до 1000 м и менее. В тропической части океана гребень погружается до 3000 м, а в некоторых других случаях его вершины обнаружены лишь на глубинах 4000 м. Такой размах высот свидетельствует о крайне резких волнообразных колебаниях центральной части хребта по простиранию¹.

¹ Это обстоятельство позволяет скептически отнестись к мысли о существовании ступеней в пределах хребта, которых обычно насчитывают по три на каждом склоне. Склоны хребта представлены широкими сложнорасчлененными плато, общий на-

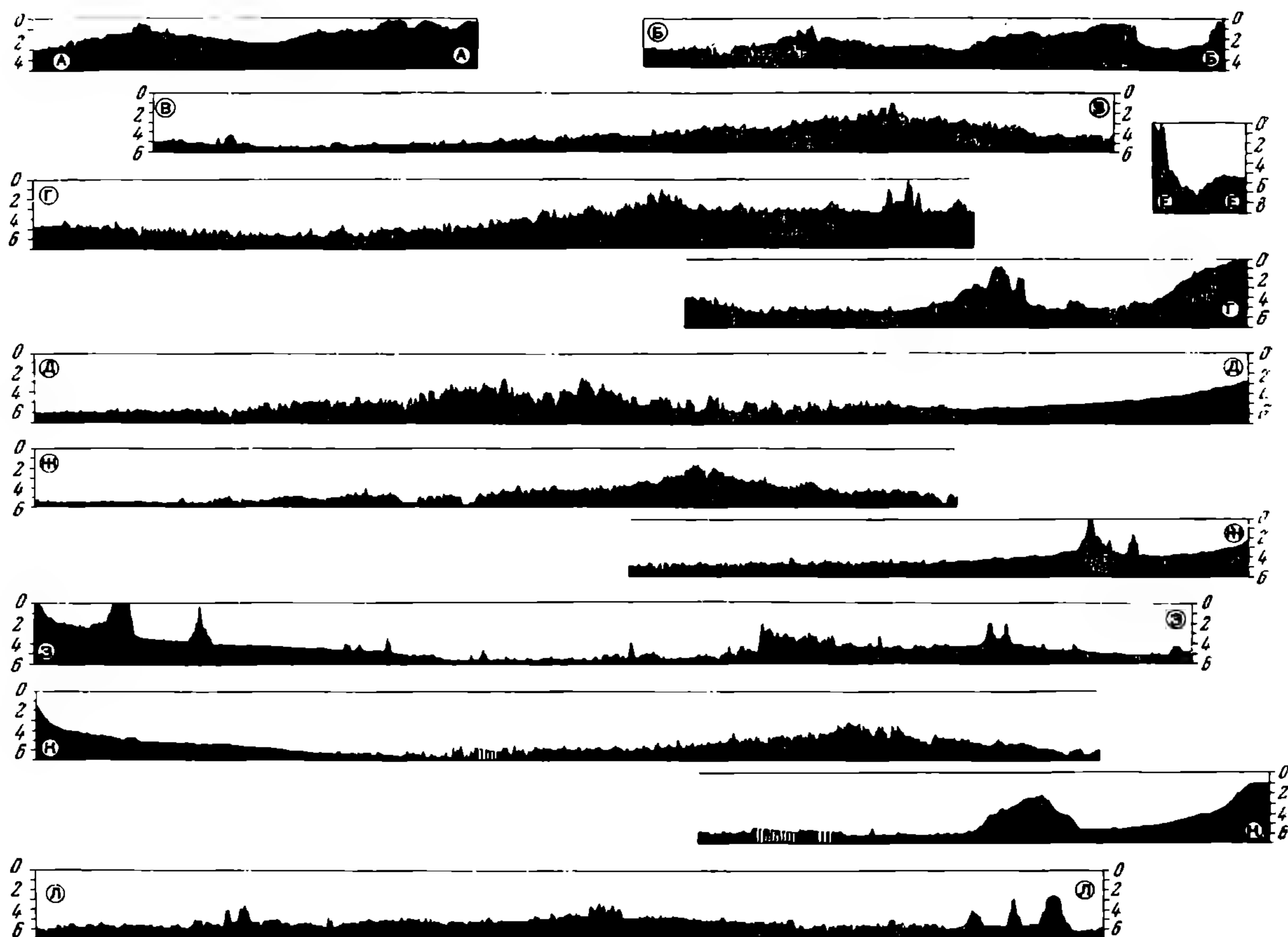


Рис. 2. Эхолотные профили дна Атлантического океана

Рассматривая эхолотные профили и карты дна Атлантики, можно увидеть аналогичную картину и в строении рельефа хребта по простиранию. На севере, в районе хребта Рейкьянес амплитуды рельефа минимальны и закономерно возрастают к югу. Максимум наблюдается в экваториальной части хребта. В Южном полушарии расчлененность постепенно падает по направлению к Антарктике. Подобная закономерность позволяет, по-видимому, говорить о существовании широтной географической зональности в строении рельефа Атлантического хребта. Конечно, это не связано с какой-либо зональностью тектонических процессов, а свидетельст-

клон которых не превышает $1-2^\circ$. Амплитуды рельефа склонов постепенно затухают от гребня к подножью, пока они не сливаются с плоским дном глубоководных равнин.

вует лишь о более высоких темпах захоронения тектонического рельефа в полярных областях процессами осадконакопления. На фотографии (рис. 3), полученной на глубине 3300 м между Ньюфаундлендом и Гренландией, видно обилие каменного материала, принесенного льдами и айсбергами из полярных областей.

Следует все-таки отметить, что от этого общего правила (затухания амплитуд рельефа от экватора к северу по простиранию и от гребня к подножью склонов в поперечном направлении) есть отклонения. В пределах нижних частей склонов иногда встречаются участки дна, степень расчленения которых не уступает центральной зоне хребта.

Одна из интересных особенностей расчленения хребта — это плоскодонные котловины с относительно крутыми склонами. Такая форма придает им сходство с грабенами.



Рис. 3. Каменный материал на дне глубоководной котловины (подводная фотография)

Кроме того, надо отметить, что наряду с плоскодонными есть много понижений с v -образным профилем, что свидетельствует о сравнительной молодости этих образований, еще не успевших заполниться донными отложениями. В дальнейших исследованиях и особенно при картировании необходимо выделять эти две группы межгорных понижений с целью определения районов хребта, испытывающих активные тектонические подвижки и, напротив, находящихся в стадии тектонической стабильности.

Относительно происхождения Срединно-Атлантического хребта не существует единого мнения. Одни авторы, основываясь на признаках современного вулканизма, высокой степени расчленения рельефа и концентрации эпицентров землетрясений в гребневой части хребта, рассматривают его как один из поясов альпийской геосинклинальной зоны. Необходимым условием, подтверждающим правильность этой гипотезы, должна быть большая мощность осадков в пределах хребта, чего на самом деле нет. По данным многочисленных геофизических и морских геологических исследований, толща осадков в области хребта минимальна и составляет десятки метров. Лишь в отдельных

случаях в глубоких понижениях хребта наблюдаются мощности порядка сотен метров.

Многие исследователи связывают происхождение хребта, а заодно и всего Атлантического океана, с формированием и развитием гигантского разлома, явившегося причиной разобщения единого континента на американский и европейско-африканский секторы. Наиболее тщательная разработка вопроса о перемещении материков принадлежала А. Вегенеру. Эта гипотеза вошла в противоречие с многими геологическими фактами и в том виде, как это представлял себе ее автор, сейчас не принимается. Однако сходство очертаний континентов продолжало привлекать внимание исследователей и гипотеза возродилась на основе новых научных фактов и теоретических представлений. В настоящее время, например на глубинах порядка 100—200 м, обнаружен слой с пониженными сейсмическими скоростями. По мнению ряда исследователей, это свидетельствует о размягченности пород мантии, о ее пластичности. Механизм движения материков обеспечивается конвекционными потоками. Применительно к Атлантическому океану восходящие ветви конвекционных

потоков находятся в области гребня хребта, а нисходящие — на его периферии, под современными глубоко-водными котловинами. Получены и прямые доказательства перемещения земной коры в области Срединно-Атлантического хребта. В центральном исландском грабене, являющимся продолжением рифтовой долины, установлена скорость перемещения западного и восточного блоков относительно друг друга 0,5 см в год.

Гипотеза континентального дрейфа удовлетворительно объясняет главную особенность в строении дна Атлантического океана, заключающуюся в общей тенденции затухания амплитуд рельефа от гребня Срединного хребта к его периферии, возрастании мощности рыхлых осадков и уменьшении интенсивности тектонических и вулканических явлений.

Мы еще далеки от полного понимания структуры Атлантического хребта. Однако уже можно утверждать, что он развивается от места к месту крайне неравномерно. В то же время хребет представляется единой структурой. В его пределах нет участков с принципиально отличным строением. До сих пор там не обнаружено, например, материковой земной коры. А из этого уже можно сделать вполне определенные выводы. Представления о существовании крупных материковых массивов в пределах Атлантики, в частности Атлантиды, не имеют никаких оснований. По той же причине нельзя пока отрицать бывшее соединение противоположных материков — Америки, с одной стороны, Европы и Африки — с другой.

НЕОБЫКНОВЕННЫЕ РАВНИНЫ

Мы живем на Русской равнине, но когда взбираешься на высокие холмы Валдая или спускаешься в глубокую долину Волги, мысли о равнине отступают на второй план. Мы



Рис. 4. Течения и волны на дне глубокого океана создают своеобразную волновую рябь (вверху). На больших глубинах (2500 м) частицы осадка настолько тонки и подвижны, что достаточно малейшего прикосновения к грунту, чтобы поднялось облако мути (внизу)

работаем на необозримых равнинах океана, но никому не придет в голову назвать океан равниной, когда по нему катятся высокие штормовые валы. Только внизу, под нами, на больших океанских глубинах лежат подлинные равнины, в пределах которых неровности не превышают нескольких метров. Они были открыты всего лет 15 тому назад, благодаря применению высокоточной техники эхолотирования. Оказалось, что абиссальные равнины занимают огромные площади дна. В Атлантическом океане они тянутся двумя широкими поясами вдоль подножья Срединно-Атлантического хребта. Подобно тому как Срединно-Атлантический хребет — наиболее яркое звено системы планетарных хребтов, так и плоские равни-

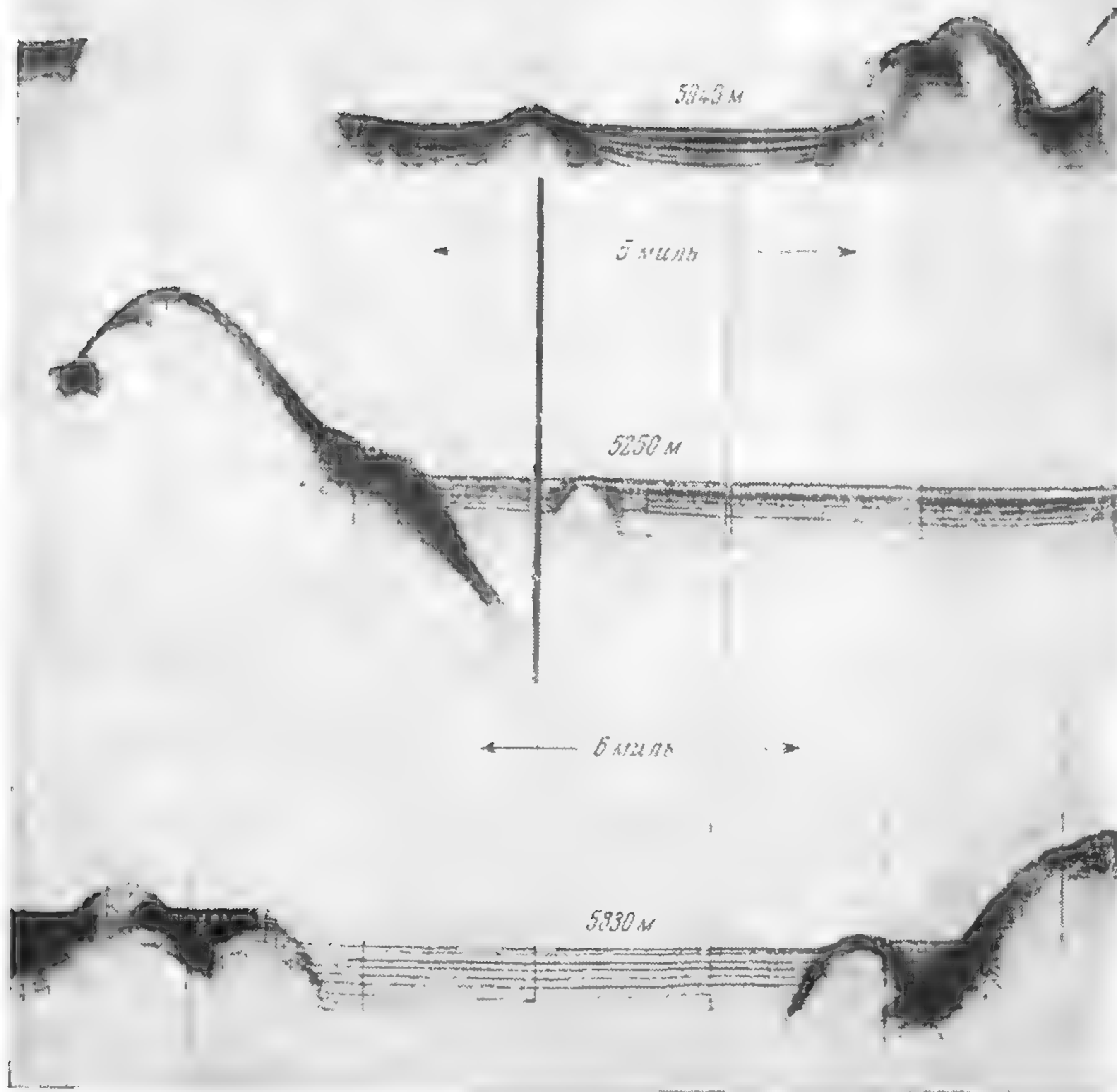


Рис. 5. Фотографии эхограмм, полученные на научно-исследовательском судне «Петр Лебедев» и иллюстрирующие процессы выравнивания на дне глубокого океана

ны Атлантики выделяются среди подобных равнин других частей Мирового океана. Они занимают примерно 12% общей площади дна. До сих пор не совсем ясно, как могли образоваться огромные площади плоского дна, когда на протяжении сотен километров глубины меняются всего лишь на несколько метров. По мнению большинства исследователей, это засыпанные многовековой геологической пылью глубокие впадины океана. Однако такое предположение не решает вопроса о механизме выравнивания. Конечно, в течение миллионов лет на дно океана падают частицы пыли, приносимые ветрами и течениями с материков, падают мельчайшие остатки организмов. Все что живет — умирает, все что умирает в океане — падает на дно.

Но какие таинственные процессы распределяют эти частицы на дне в виде равнинного покрова? Внимательное изучение равнин показало, что кое-где они прерываются неглубокими

долинами, прослеживающимися на большие расстояния. Эти долины напоминают русла наземных рек. По мнению ряда исследователей, подобно нашим наземным рекам в весеннее половодье, подводные реки переносят большие массы жидкого грунта, сползающего с крутых склонов материков на далекие просторы глубокого океанского дна. И подобно тому как наземные реки вырабатывают со временем плоские поймы и террасы, подводные «реки» формируют абиссальные равнины. Но это объяснение плохо увязывается с фактами, ибо абиссальные равнины слишком обширны, а «рек» на дне океана слишком мало, чтобы они могли проделать такую огромную работу. Значит, есть другие силы, способные создать плоские столообразные равнины. Эти силы постоянны и всеобъемлющи.

Совсем недавно океанографы установили, что на больших глубинах океанская вода никогда не находится в покое. Существует движение воды и в придонном слое. Об этом говорят и подводные фотографии, полученные на НИС «Петр Лебедев» в Атлантическом океане (рис. 4, *вверху*). Нередко колебания частиц воды там

еле уловимы. Но этих колебаний все-таки достаточно, чтобы воздействовать на мельчайшие частицы осадка, падающие на дно. На больших глубинах частицы осадка настолько тонки и подвижны, что достаточно малейшего прикосновения к грунту, чтобы поднялось большое облако мути (рис. 4, *внизу*). Так век за веком идет заполнение котловин, выравнивание дна. Ничто не нарушает этого скрупулезного процесса. И вот мы видим результат — Великие равнины океанского дна.

На советском научно-исследовательском судне «Петр Лебедев» удалось получить наглядное подтверждение подобных представлений. На рис. 5 воспроизводится «живая схема» процессов выравнивания. Мы видим, как холмы, некогда возвышавшиеся над дном, превращаются в погребенный рельеф. Яркая слоистость толщи осадков свидетельствует о смене характера осадочного материала во времени.

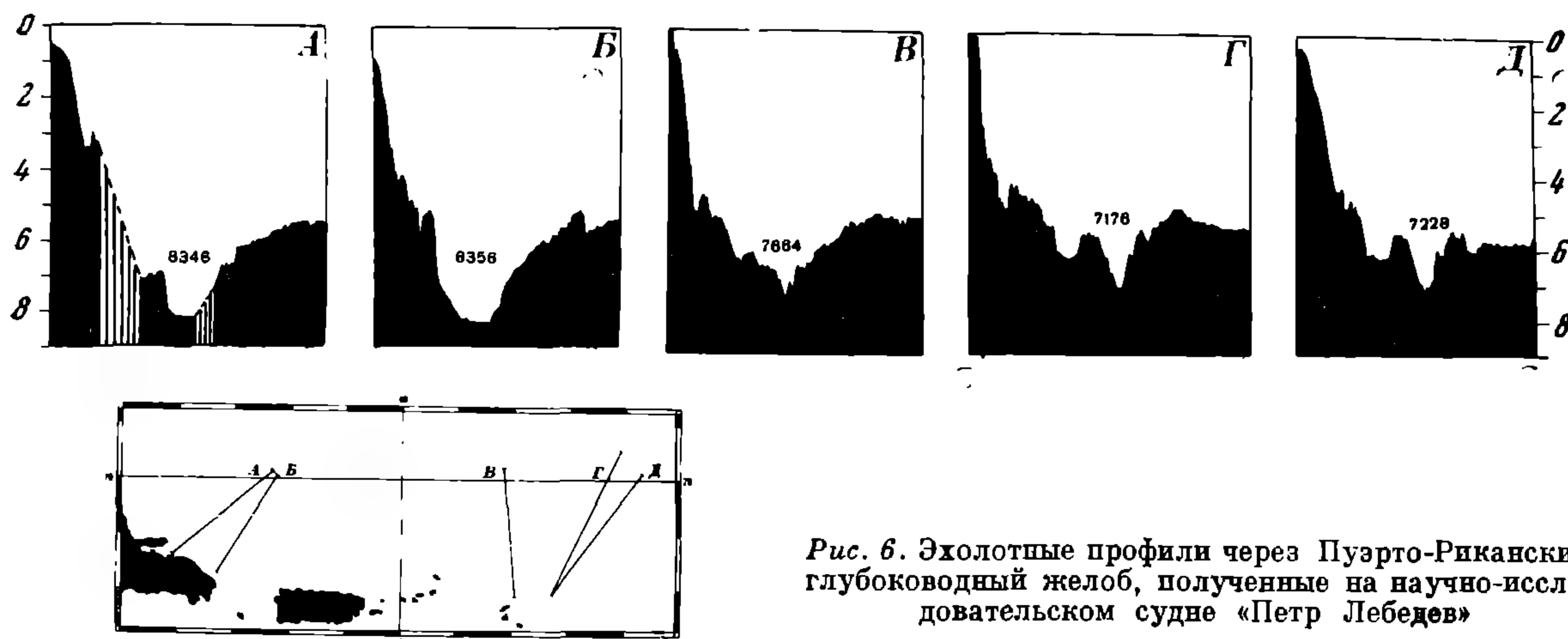


Рис. 6. Эхолотные профили через Пуэрто-Риканский глубоководный желоб, полученные на научно-исследовательском судне «Петр Лебедев»

В пределах абиссальных равнин процессы выравнивания полностью подавляют процессы возрождения горного подводного рельефа. Другими словами, тектонические движения, если они вообще проявляются в пределах этих равнин, совершенно несопоставимы по своим темпам с выравниванием.

ВОЗВЫШЕННОСТИ И ВУЛКАНЫ

На абиссальном дне обнаружено много подводных гор (см. рис. 2). Они имеют как конические, так и плоские вершины; это — подводные вулканы. Известно, что в Тихом океане их около 10 тысяч. Для Атлантики таких подсчетов не сделано, однако и здесь можно говорить, по-видимому, о существовании нескольких тысяч подводных вулканов. Абиссальные равнины разделяются глубоководными океаническими поднятиями. Они находятся в стороне от центрального хребта, но по характеру расчленения приближаются к его внешним зонам.

Остается, однако, неясным, как мог сохраниться расчлененный рельеф в пределах глубоководных океанических поднятий, находящихся подобно абиссальным равнинам на большом расстоянии от центральной части Срединного хребта?

Существует предположение, что в пределах хребта есть наиболее активные центры тектонической деятельности, сопровождаемые сильным вулканизмом. При раздвижении блоков хребта в стороны и отдалении от гребня, постоянство процесса интенсивного вулканизма обеспечивает формирование боковых ответвлений хребта — будущих глубоководных поднятий. Таковы, например, Бермудское поднятие, плато Рио-Гранде и др. В настоящее время, несмотря на сложный рельеф этих поднятий¹, они сейсмически ма-

лоактивны. Внутренняя структура поднятий отличается от всех других морфологических зон. В спектре сейсмических скоростей видную роль играют значения порядка 4,5 км/сек. Это свидетельствует о мощном слое вулканогенных и осадочных пород в пределах поднятий, залегающем над породами собственно океанической коры. Осадочно-вулканогенную толщу поднятий можно, по-видимому, рассматривать как второй структурный ярус океанической платформы.

Некоторые поднятия не только не имеют морфологической связи со Срединно-Атлантическим хребтом, но и по другим свойствам не принадлежат к типичным океаническим поднятиям. Среди них особого внимания заслуживают Антильский внешний вал и возвышенность Роколл. Первый представляет собой вздутие с незначительным расчленением рельефа и спектром сейсмических скоростей, близких к океанической платформе. Напротив, обширное поднятие Роколл со следами субаэрального рельефа на поверхности и набором сейсмических скоростей, характерных больше для континентальных массивов, представляется участком материковой суши, погруженной на дно океана в результате развития глубинных разломов.

ПОДВОДНАЯ ОКРАИНА МАТЕРИКА

Зона рельефа, пограничная между абиссальными равнинами и материковым склоном, получила в литературе название материкового подножья. Морфологически она представлена волнистой равниной с незначительным (до 1°) общим наклоном в сторону океана. Под покровом мощной осадочной толщи в американском секторе геофизическими методами исследований обнаружена глубокая депрессия, напоминающая современные хребет Китовый, хребты Гвинейского залива, имеющие линейные очертания и сопряженные в своем развитии со структурами суши.

¹ Правда, поднятия могли быть длительное время и самостоятельными центрами активного вулканизма, приуроченными к глубоким разломам земной коры. Среди таких поднятий можно указать

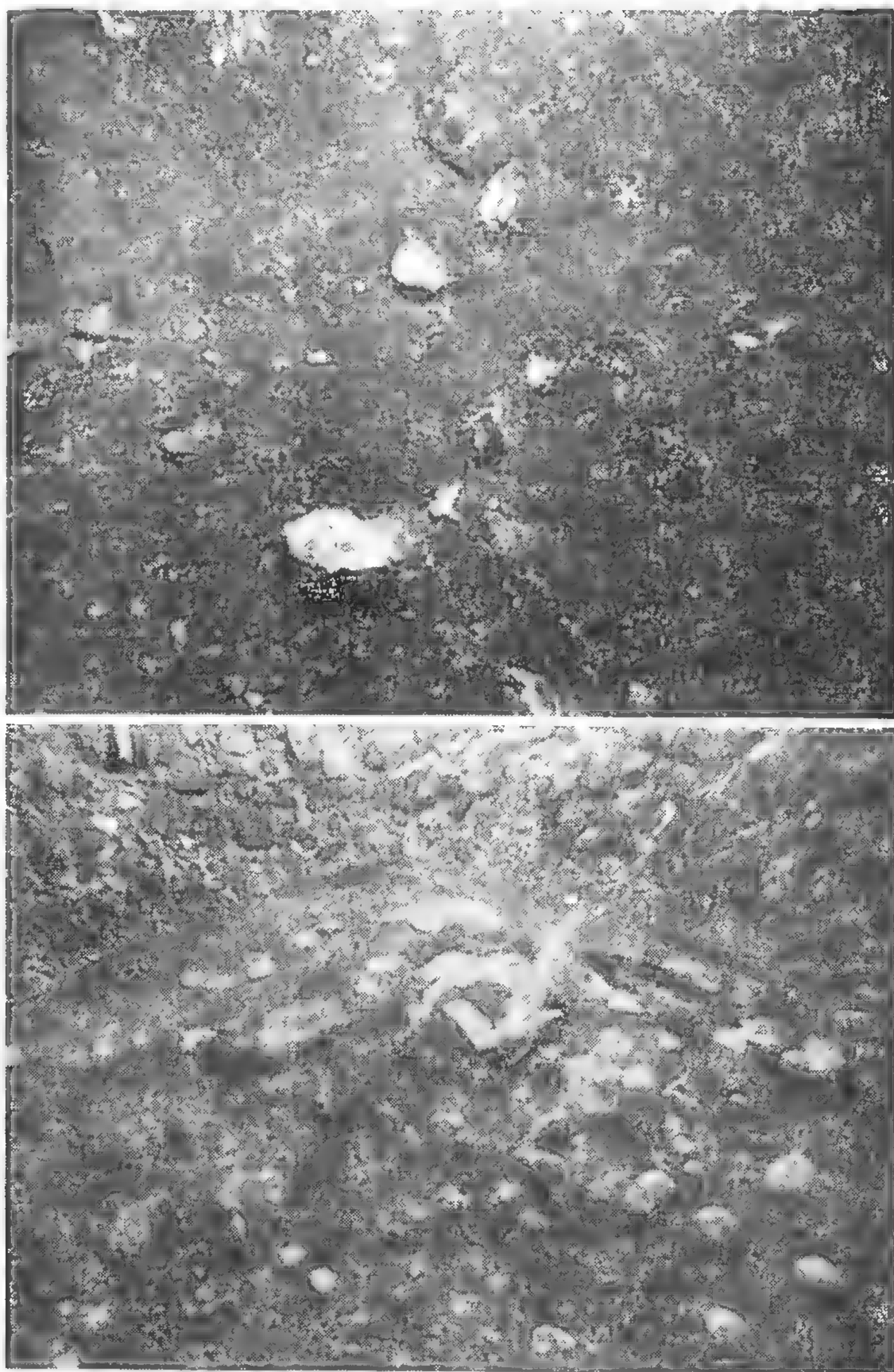


Рис. 7. Следы размыва подводного океана Исландии (подводная фотография, гл. 1050 м, *вверху*). Камни, губки, мшанки, кораллы на гл. 780 м. Склон возвышенности Роколл (*внизу*)

глубоководные желоба, окаймляющие островные дуги в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах. Заметим кстати, что глубоководные желоба в Атлантике развиты слабо. К ним принадлежат Пуэрто-Риканская и Южно-Сандвичева глубоководные впадины. В Пуэрто-Риканском желобе находится максимальная глубина Атлантического океана, равная 8385 м (рис. 6). Не исключена, однако, возможность, что в ряде случаев структурный желоб на месте материкового подножья отсутствует. Так или иначе мощная пачка осадочных пород привела к полному выравниванию рельефа этой зоны.

Тем удивительнее существование сложно-

расчлененной топографии в пределах материкового склона. В этой зоне мы находим формы рельефа двух типов — террасы и уступы, вытянутые вдоль склона и многочисленные подводные долины, пересекающие склон поперек. Нередко на склонах обнажаются коренные породы третичного или мелового возраста. Подобные факты известны как для американского, так и для европейского секторов океана. Во многих случаях на материковом склоне топография столь сложна, что напоминает участки Срединно-Атлантического хребта. Но хребет — зона молодых тектонических движений, активного развития землетрясений, в пределах же материкового склона, судя по данным сейсмологии, эпицентры землетрясений — большая редкость.

Как же объяснить столь сложный рельеф склона? По-видимому, первоначальные напряжения, которые привели к возникновению склона, были весьма значительными и явились причиной формирования сложного рельефа. Впоследствии же терригенный материал, выносившийся из пределов материковой отмели на склон, не отлагался в его пределах, а переносился к подножью. Материковый склон играл для осадков, как, впрочем, играет и в настоящее время, роль транзитной зоны. На подводных фотографиях видно, как интенсивно размываются подводные склоны Исландии (рис. 7, *вверху*) и возвышенности Роколл (рис. 7, *внизу*). Илистые частицы уносятся и на поверхности остаются камни и песок. В таком освещении становится понятной причина накопления мощной толщи осадков в зоне материкового подножья и существования сложной «реликтовой» топографии в пределах материкового склона. Будущие подводные альпинисты, спускаясь по крутому материковому склону, увидят высокие уступы и глубокие ущелья. Их будут подстерегать песчаные водопады и илистые потоки, каскадами устремляющиеся вниз. Им придется пережить немало приключений, прежде чем они доберутся до предгорных равнин.

Кратко остановимся теперь на характеристике материковой отмели. Именно в этой зоне сосредоточены крупные залежи нефти, которые уже сейчас интенсивно разрабатываются, и другие полезные ископаемые. Здесь же сосредоточен и основной промысел рыбы. В Атлантическом океане материковая отмель занимает не менее 6% общей площади дна. В ее пределах преобладают равнинные

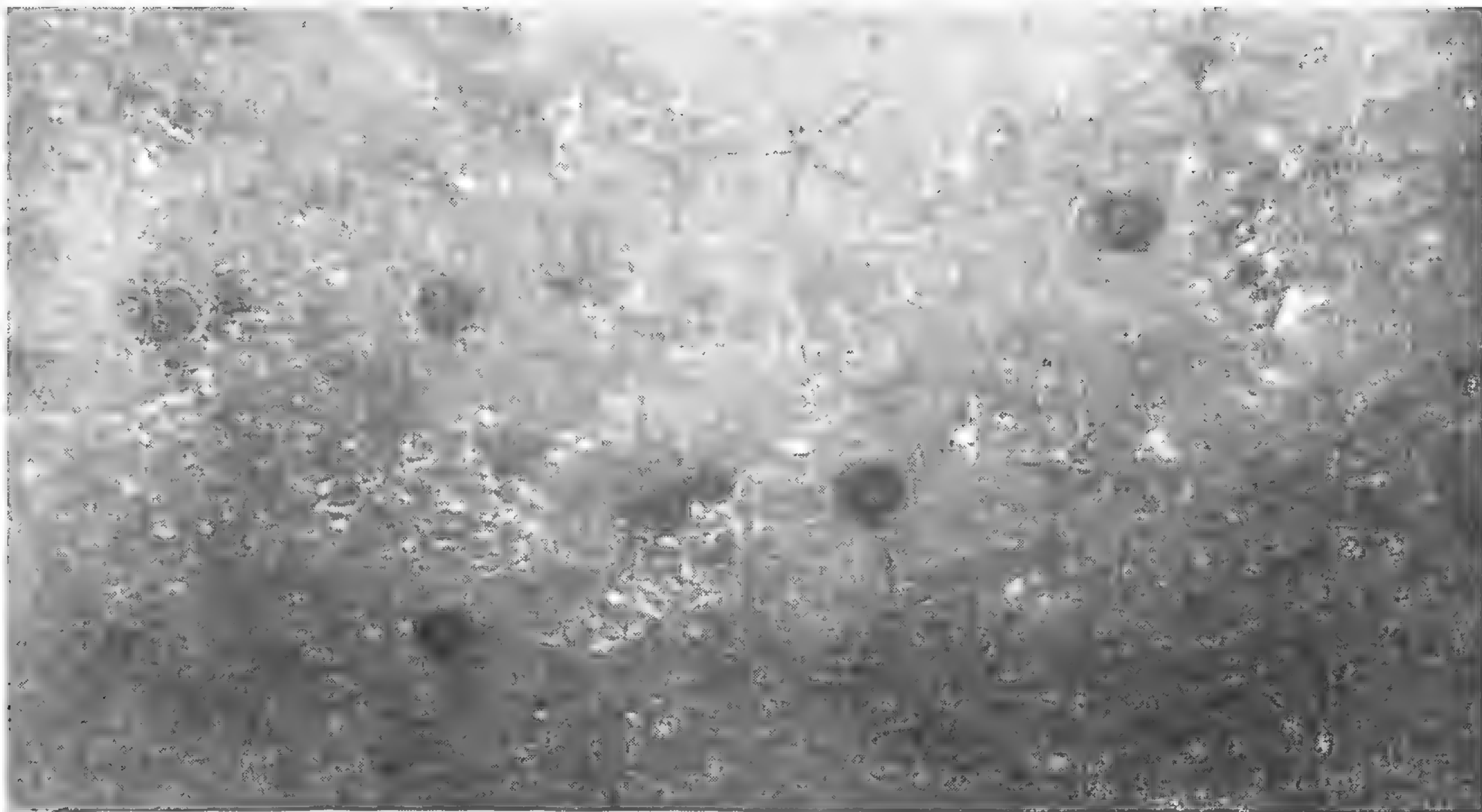


Рис. 8. Многочисленные морские звезды — офиуры, морские ежи и ракушечник покрывают отмель Ньюфаундлендской банки. Глубина 100 м

участки. Вместе с тем, в ряде районов наблюдаются значительные неровности, как на шельфах Лабрадора, Гренландии, Норвегии, Антарктиды и некоторых других. Поверхность их расчленена крупными выступами дна, глубокими долинами и другими формами рельефа. Вопрос о причинах формирования подобного рельефа дискуссионен. С одной стороны, такие шельфы свойственны, главным образом, районам, примыкающим к наиболее древним геологическим структурам, и, следовательно, испытали длительную историю развития. С другой стороны, они находились в зоне действия четвертичных ледников. По-видимому, оба фактора сыграли роль в создании характерного рельефа шельфа. Крупные тектонические формы были преобразованы ледником, который придал им более пластичный вид. Мелкие формы шельфа северных областей могли быть созданы непосредственно деятельностью ледников. Это — холмы и гряды, сложенные несортированным обломочным (моренным) материалом. Подобные формы были отмечены и в приантарктических районах шельфов Южной Америки.

В тропической части Атлантики, в пределах шельфа, нередко наблюдаются неровности дна, образованные кораллами, строящими рифы. Такой рельеф мы находим на отмели Мексиканского залива, Гондураса,

Гвианы. Между северными и тропическими зонами отмели рельеф характеризуется поразительной выравненностью. Таким образом, в строении рельефа шельфа отмечается своеобразная широтная зональность. Однако всегда надо иметь в виду, что эти зоны выделяются на фоне единого процесса абразионно-аккумулятивного выравнивания, которому обязано формирование поверхности отмели в целом. Материковая отмель — зона активной органической жизни. На подводных фотографиях мы наблюдаем обилие донных организмов, иногда сплошным покровом выстилающих дно (рис. 8).

* * *

Несмотря на большие различия в морфологии дна Атлантического океана, от места к месту преобладают наиболее крупные зоны рельефа сохраняется вдоль всего океана. Эта преобладаемость хорошо отражается и в структурных особенностях земной коры под океаном. Каждой зоне в самых общих чертах соответствует свой спектр сейсмических скоростей. Все это указывает на единство структурно-морфологического плана дна Атлантики (см. рис. 2), независимого от влияния традиционных циклов складчатости, известных в пределах материковых пространств.

УДК 551.46

ЗНАМЕНИТЫЙ РУССКИЙ УЧЕНЫЙ

К СТОЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ П. Н. ЛЕБЕДЕВА

ВАЖНЕЙШИЙ УЗЕЛ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ СВЕТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

«Лейтмотив научной работы П. Н. Лебедева — исследование давления света. Эта тема занимала его внимание и силы в течение 20 лет, начиная с 1892 г. до конца жизни. Давление света доказано им деликатнейшими опытами как для твердых тел, так и для газов, и измерено. П. Н. Лебедев предугадывал громадную роль светового давления в жизни Вселенной. Современная астрофизика вполне подтвердила это ожидание; с каждым годом все шире раскрывается первостепенная роль давления света в космических процессах, и его значение становится эквивалентным ньютоновскому тяготению. С другой стороны, доказанный факт светового давления необычайно облегчил конкретизацию той неразрывной связи между массой и энергией, которая во всей широте была выяснена теорией относительности. Элементарное световое давление современной квантовой физики, момент фотона $\frac{h\nu}{c}$, есть обобщение лебедевского опыта. На почве этого обобщения стало возможно понимание особенностей рассеяния лучей Рентгена и лучей-гамма. Так на-

*Член-корреспондент АН СССР
А. С. Предводителев*

Сто лет тому назад, 8 марта 1866 г. в купеческой семье родился Петр Николаевич Лебедев. Закончив реальное училище, он мог поступить только в одно из технических высших учебных заведений — Московское высшее техническое училище (МВТУ), где вскоре убедился, что технические науки не соответствуют его склонностям. Молодого Лебедева тянуло к изучению таких наук, предметом которых служат физические явления природы. В 1887 г. он поступил в Страсбургский университет, где в это время кафедрой руководил проф. А. Кундт. Выдающийся физик-экспериментатор произвел на П. Н. Лебедева потрясающее впечатление и, в сущности, разжег влюбленность в физику в нашем знаменитом соотечественнике, который своим друзьям писал: «С каждым днем я влюбляюсь в физику все более и более. Скоро, мне кажется, я утрачу образ человеческий, я уже теперь перестал понимать, как можно существовать без физики».

В 1888 г. А. Кундт был приглашен в Берлинский университет и П. Н. Лебедев последовал за своим учителем. Работая у Кундта, он усердно посещал лекции Гельмгольца по теоретической физике.

Первая научная работа была выполнена молодым физиком по предложению А. Кундта как диссертация на степень доктора наук. Исследование касалось экспериментальной про-

верки известного теоретического соотношения Клаузиуса — Моссотти, связывающего диэлектрическую постоянную паров жидкостей со степенью заполнения ими занятого объема. В этой работе он показал и свою изобретательность и исключительную тщательность в проведении опытов.

Каждый эксперимент, поставленный для проверки тех или иных теоретических соображений, должен быть по возможности замкнут, т. е. в нем должны быть контролируемы все побочные факторы, от которых полностью ни в каком эксперименте не удастся освободиться. Это понимал П. Н. Лебедев. Его труды могут служить и для нашего подрастающего поколения образцом как надо ставить эксперимент и с какой тщательностью нужно исключать возможные ошибки наблюдения.

Углубленное отношение к работе не прошло для П. Н. Лебедева даром. Оно завязало у него в один узел целый комплекс мыслей, которые с течением времени ширились и развивались. Чтобы это понять, следует обратить внимание на то, что незадолго до начала научной деятельности П. Н. Лебедева Генрих Герц впервые экспериментально подтвердил мысль Максвелла о том, что электромагнитные волны тождественны волнам световым. А это означает, что должна существовать некоторая общность между действием света и электромагнитных волн на вещество. Другими словами, при помощи электромагнитных волн можно изучать свойства молекул вещества так же, как при помощи световых волн. Например, если представить себе молекулу в виде идеального проводника, размеры которого малы по сравнению с межмолекулярным расстоянием, то легко вычислить, как показал Клаузиус, диэлектрическую постоянную среды.

Неожиданное хорошее совпадение результатов опытов П. Н. Лебедева с вычислениями Клаузиуса возбудило у него целый поток мыслей, одна ярче другой.

Около двух лет П. Н. Лебедев вынашивал мысль, что если электромагнитное излучение действует на вещество так, как учит Максвелл, т. е. отношение энергии луча, падающего в единицу времени на поглощающее тело, к его скорости отвечает силе давления, то эта же сила должна служить причиной характерного расположения кометных хвостов. Этой мыслью П. Н. Лебедев поделился с известным немецким



Петр Николаевич Лебедев

звасмый эффект Комптона есть, в сущности, осуществление лебедевского опыта в элементарном процессе при столкновении фотона и электрона. Таким образом, работы Лебедева по световому давлению — это не отдельный эпизод, но важнейший экспериментальный узел, определивший развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики».

Из статьи акад. С. И. Вавилова «Памяти П. Н. Лебедева», «Природа», 1937, № 5.



ВЕЛИКИЙ УМ, ГОРЯЧЕЕ СЕРДЦЕ...

«Вчера скончался бывший профессор физики Московского университета Петр Николаевич Лебедев...

Невыразимая скорбь охватывает при мысли об этой неожиданной потере. В кончине Петра Николаевича мы имеем не только потерю, но и жертву науки. Недомогания, которые закончились вчерашней катастрофой, начались уже давно, как результат усиленных научных и чрезвычайно тонких работ, заставлявших переносить экспериментальные исследования на ночное время. Ночь в лаборатории, за работой, недосыпание и переутомление были обычным явлением в жизни почившего. Здесь при замолкнувшем шуме уличной и лабораторной жизни, он обдумывал свои замечательные методы исследования неуловимо малых величин и явлений; здесь же он подвергал их испытанию и осуществлению. Отличительной чертой работ Петра Николаевича было то, что они велись в областях природы, недостижимых для обычного экспериментатора; только его изобретательность и замечательное техническое умение давали ему смелость и венчали успехом задачи, которые он себе ставил...

К концу 1910 г. в громадном физическом институте Московского университета... кипела научная работа вовсю... Сердце радовалось. Давно уже дух пауки не овладевал до такой степени молодежью. Пронеслась мелкая, совершенно поверхностная зыбь. Старики, сорок лет преподававшие в русских университетах, умеют различать зыбь и бурю! Но эта зыбь имела последствия, вынудившие ряд профессоров частью прекратить свою преподавательскую деятельность, частью подать в отставку.

Из числа последних был и

ученым Винером, который сначала принял ее за бред сумасшедшего. Только после тщательного размышления Винер понял, в чем дело, и поздравил П. Н. Лебедева с серьезным открытием. По этому поводу сам П. Н. Лебедев писал в одном из писем: «Я, кажется, сделал очень важное открытие в теории движения светил, специально комет... Найденный мною закон распространяется на все небесные тела. Сообщил Винеру, сперва он объявил, что я с ума сошел, а на другой день, поняв в чем дело, очень поздравил. Сперва я был в сильном нервном напряжении, но теперь, когда закон доказан, — я ничуть не волнуюсь, частью, может быть, от того — я не скрою — что озадачен, даже ошеломлен его общностью, которую сначала не предчувствовал. Выведенный мною закон не есть дело минутного наития: около двух лет ношу я его зачатки. Вопрос, которым я занят издавна, я люблю всей моей душой, так, как я себе представляю, родители любят своих детей»¹.

Изучение кометных хвостов в связи с проблемой действия электромагнитного излучения на вещество натолкнуло П. Н. Лебедева еще на одну очень важную мысль, касающуюся природы межмолекулярного взаимодействия. По его мнению, молекула представляет собой некоторую сложную электромагнитную систему, которую можно уподобить

¹ П. Н. Лебедев. Полн. собр. соч., М., 1913, стр. XIII. (Далее паются ссылки на то же издание).

ИЗ ТРУДОВ

«Развивая основные положения электромагнитной теории света Maxwell (1873) обратил внимание и на те силы, которые являются нам в виде ponderomotorных сил во всякой магнитно или электрически поляризованной среде: из его теории неизбежно следует необходимость существования этих сил также во всяком пучке лучей...»

Максвелл-бартолиевы силы давления лучей могут со временем получить большое значение в вопросах физики и астрономии, а потому опытное исследование этих сил является тем более желательным, что теоретические обоснования их как по Maxwell'у, так и по Bartoli опираются на определенные элементарные свойства поглощающих и отражающих поверхностей, и потому может возникнуть вопрос, действительно ли только этими элементарными свойствами поверхностей обусловлены силы давления и в случае световых лучей. Этот вопрос может быть разрешен только при помощи дополнительных исследований; самым прямым путем является непосредственный опыт... Вот почему я и предпринял изложенное ниже опытное исследование светового давления...»¹.

Полученные результаты можно формулировать таким образом:

Из статьи «Опытное исследование светового давления». Впервые опубликована в «Журнале Русского физико-химического общества», 1901, ч. физ., т. 33 (I), стр. 53—75. Прим. ред.

¹ Предварительное сообщение об этом исследовании было сделано мною на Первом интернациональном конгрессе физиков в Париже (в августе 1900); перевод сообщения помещен в ЖРФХО, 1900, ч. физ., т. 32 (I), стр. 211. Прим. П. Н. Лебедева.

электромагнитному резонатору. Следовательно, при подходе одной молекулы к другой на достаточно близкое расстояние между ними должно начаться электромагнитное взаимодействие, так как электромагнитное поле каждой молекулы будет воздействовать, как теперь мы скажем, на электронные оболочки атомов, составляющих молекулы. Благодаря вызванному в каждой молекуле электрическим возмущением, между ними должно возникнуть взаимодействие электромагнитной природы. Рассуждения вполне современные.

Во времена Лебедева электронная теория строения вещества только начала зарождаться, а о планетарном строении атомов и не подозревали. Однако необычайное чутье П. Н. Лебедева подсказало ему путь, по которому он должен двигаться сам и по которому в дальнейшем пошло развитие науки.

П. Н. Лебедев никогда не любил высказывать мысли, которые невозможно было бы проверить на опыте. Он был враг умствований в форме математических упражнений, не толкающих к постановке опытов, способных проконтролировать физическую гипотезу.

ПОНДЕРОМОТОРНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА РЕЗОНАТОРЫ

Изложенные мысли о действии электромагнитных волн на вещество послужили ученому основой к постановке целой

Петр Николаевич. Ему пришлось пережить тяжелые минуты, покинуть дело, которому он отдавался всеми своими силами, которое стоило ему не только труда, но и здоровья. Перед ним открывалась полная неизвестность, что будет с теми молодыми людьми, которые, следуя примеру своего учителя, с таким увлечением, ограничиваясь скудными заработками, отдавались науке. К счастью, общество пришло на помощь и дало возможность ученикам Петра Николаевича и ему самому найти убогий, но все-таки возможный угол для научных работ в нашем обширном отечестве¹. Сюда, в этот убогий подвал, в его устройство, в его приспособление для высоких научных целей вложил свое сердце Петр Николаевич. Оно больше не бьется!»

Профессор Н. А. Умов. «Тяжелая утрата». Некролог в газете «Русские Ведомости», 2 марта (по старому ст.), 1912 г.

¹ Эзоповским языком автор говорит об уходе ряда прогрессивных профессоров из Московского университета в ответ на увольнение министром народного просвещения Л. А. Кассо трех членов президиума этого университета (А. А. Мануйлова, М. А. Мензбира и П. А. Минакова). После ухода П. Н. Лебедева из Московского университета его работы были продолжены в частной лаборатории, оборудованной на средства Московского общества содействия успехам опытных наук и их практических применений им. Х. С. Леденцова и Университета Шанявского.

П. Н. ЛЕБЕДЕВА

1) Падающий пучок света производит давление как на поглощающие, так и на отражающие поверхности; эти пондеромоторные силы не связаны с уже известными вторичными конвекционными и радиометрическими силами, вызываемыми нагреванием; 2) Силы давления света прямо пропорциональны энергии падающего луча и не зависят от цвета; 3) Наблюдаемые силы давления света, в пределах погрешностей наблюдения, количественно равны максвелл-бартолиевым силам давления лучистой энергии.

Таким образом, существование максвелл-бартолиевых сил давления опытным путем установлено для лучей света.

Физическая лаборатория Университета. Москва, август. 1901.

• • •

«Исходя из своих термодинамических соображений, Бартоли, независимо от Максвелла и, очевидно, не зная полученных им результатов, вычислил, что «давление солнечных лучей, нормально падающих на плоскую зеркальную поверхность, составляет 0,84 миллиграмма на каждый квадратный метр поверхности».

Вычисления Максвелла, сделанные им для вполне поглощающей поверхности, дали бы для случая нормального падения солнечных лучей на

И КЕЛЬВИН СОГЛАСИЛСЯ....

«Один из важнейших выводов теории Максвелла (Максуэля — ред.) заключался в том, что свет, сверх своих обычных проявлений, должен оказывать механическое давление на тела, на которые он падает, но этот вывод оспаривался даже такими авторитетами, как лорд Кельвин... Мне не раз приходилось упоминать о том, как лорд Кельвин в 1903 г. обратился ко мне со словами: «Вы знаете, что я не поддавался на аргументы Максвелла, а вот перед опытами вашего Лебедева пришлось сдаться...». В последнем письме, которое я получил от него (от Лебедева — ред.) из Гейдельберга, с небольшим за полгода до его смерти, он развивал план новой работы. На этот раз речь шла о связи между электромагнитными явлениями и тяготением. Этим, может быть, осуществлялся последний синтез, объединяющий все физические явления, последний шаг, который оставалось сделать физике по тому пути, по которому она так успешно двигалась за истекший век. «Опыты чудовищно трудны, — писал он, — проекты грандиозные, но я их осуществлю, — если Егб (известный ученый врач в Гейдельберге, — примечание К. А. Тимирязева) даст мне здоровье». У другого эти слова звучали бы только похвалой, но Лебедев приучил нас к тому, что обещанное он исполнял.»

К. А. Тимирязев. Некролог. «Вестник Европы», 1912, кн. 5.

серии работ, посвященных пондеромоторному действию волн на резонаторы. В этих взаимодействиях П. Н. Лебедев видел причину межмолекулярных сил, что он явным образом и выразил в своих сочинениях. В одной из работ он писал: «В исследовании Гертца, в интерпретации световых колебаний как электромагнитных процессов, скрыта еще и другая, до сих пор не затронутая задача — задача об источниках лучеиспускания, о тех процессах, которые совершаются в молекулярном вибраторе в то время, когда он отдает световую энергию в окружающее пространство; такая задача ведет нас, с одной стороны, в область спектрального анализа, а с другой, как бы совершенно неожиданно приводит к одному из наиболее сложных вопросов современной физики, к учению о молекулярных силах»¹.

Результаты, полученные П. Н. Лебедевым в опытах с магнитными и электрическими резонаторами, по нашему мнению, имеют фундаментальное значение и для современного учения о потенциалах межмолекулярного взаимодействия. Они показывают, что между молекулами должны существовать силы, которые при определенном сближении молекул могут переходить из отталкивательных в притягательные. Сам ученый формулирует найденные им законы в следующих выражениях: 1. Законы пондеромоторного действия волн на магнитные и электрические резонаторы тождественны. 2. Когда резонаторы настроены выше, то падающая на них

¹ П. Н. Лебедев. стр. 56—57.

зеркало, давление в $2 \times 0,41 = 0,82$ миллиграмма, т. е. величину, совпадающую с вычислением Бартоли.

Если для исследования светового давления брать небольшие источники света (вольтову дугу) и пользоваться небольшими крылышками, то надо иметь в виду, что абсолютные величины ожидаемых давлений будут в десятки тысяч раз меньше тех, которые Максвелл и Бартоли вычислили для одного квадратного метра...

Затруднения в исследовании светового давления возникают не со стороны чувствительности приборов, а со стороны тех добавочных «радиометрических» сил Крукса, которые, налагаясь на эффекты светового давления, могут препятствовать его измерению... Цельнер указал на то, что «величина давления, вычисляемая по Максвеллу, в этом случае была в 100 000 раз меньше того радиометрического эффекта, который наблюдал Крукс».

Экспериментальная задача, которую приходилось разрешить, состояла в том, чтобы найти такие условия опыта, при которых радиометрические эффекты были бы настолько малы, чтобы они не превосходили небольшой доли светового давления, и тогда делать опыты с двумя крылышками, у которых радиометрические эффекты имеют заведомо различные величины и находятся в заранее известном отношении; тогда из таких двух наблюдений можно определить величину пертурбирующего эффекта и величину светового давления.

волна вращает их так, чтобы возбуждение их увеличивалось; когда резонаторы настроены ниже, то вращение влечет за собой уменьшение возбуждения. 3. Наибольшие величины этих противоположных сил имеют место в непосредственной близости резонанса»¹.

Далее он прибавляет, что все его попытки проследить явление при постепенном переходе через резонанс не привели к желаемому результату.

Если магнитные и электрические резонаторы П. Н. Лебедева и представляют собою электромагнитные системы, не вполне имитирующие молекулярные системы, тем не менее они отчетливо показывают, какой характер должны иметь ponderomotorные взаимодействия при сближении молекул в результате теплового движения.

П. Н. Лебедев не ограничился только исследованием ponderomotorного взаимодействия между магнитными и электрическими резонаторами. Ради углубления вопроса он перешел к изучению тех же эффектов на гидродинамических резонаторах. В этих работах с очевидностью выявляются его методологические приемы в области научного исследования. Он понимал эвристическую силу аналогий, нередко приводящих к большим открытиям.

П. Н. Лебедеву удалось найти прямые аналогии, т. е. показать, что зависимость ponderomotorных сил от гидроди-

¹ Там же, стр. 79.

ВИРТУОЗ ТОНКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

«Смерть Лебедева тяжело отзывалась в сердцах всех, кому дорог прогресс науки. Не только все ученые России, но большое количество ученых Запада (до 100 ч.) прислали свои соболезнования по поводу смерти Лебедева. Работы его были настолько важны и интересны для международной науки, что в ближайшем году он был предложен в кандидаты на Нобелевскую премию (это данное заимствовано из письма проф. Вина к проф. В. А. Михельсону, которому я обязан сообщением этих данных), но ему не удалось увидеть этого последнего признания его заслуг перед наукой и теперь остается «только память о гениальном физике, который владел искусством экспериментирования, как едва ли кто-либо другой в наше время» (Слова из выше указанного письма проф. Вина)»

Из статьи П. П. Лазарева «П. Н. Лебедев и русская физика», напечатанной в вып. 2, за 1912 г. «Временника» Общества им. Х. С. Леденцова.

Когда я решился приступить к опытному исследованию светового давления, то вопрос, возможно ли вообще обойти пертурбирующее действие радиометрических сил, представлялся вопросом открытым...

Прежде, нежели найти окончательную форму измерений, я в течение нескольких лет готовя их, изучая лабораторными опытами сложный комплекс явлений, который носит общее название «радиометрических» (кинетической теории этих явлений нет и до настоящего времени¹). Теперь, спустя много лет после того, как прямой путь исследования уже найден, вся эта длинная, кропотливая, предварительная работа кажется лишней, но я думаю, что без основательного знания тех, не всегда легко объяснимых радиометрических явлений, с которыми пришлось познакомиться, я не пошел бы по тому прямому пути, по которому шел в окончательных опытах.²

¹ Элементарно возникновение «радиометрических» сил объясняется отдачей молекул газа, ударяющихся о диск и отскакивающих от его передней поверхности с большей скоростью, чем от задней, неагретой. Прим. ред.

² Из статьи «Давление света». Сб. «Новые идеи в физике», 1912, № 4, стр. 3—44. Это последняя статья, которую он начал писать еще летом 1911. ... Нужно заметить, что этой работой П. Н. занимался до своей последней болезни и только за три недели до смерти вынужден был бросить работу. Прим. П. Н. Лазарева и Т. П. Кравца—редакторов Собрания сочинений Лебедева (М., 1913).



Приборы П. Н. Лебедева, служившие для опытов с короткими волнами Герца

СВЕТЛЫЙ ОБЛИК УЧЕНОГО

...Есть два типа научных работников. Одни спокойно работают в тиши своих кабинетов и лабораторий. Их работу можно сравнить с работой строителя, составляющего план здания. Иногда этот план — гениальная схема, и наука долгие годы удобно живет в помещениях, созданных по этому плану. План может быть и недокончен в отдельных частях: явятся другие работники и так же спокойно разрабатывают недостающие детали.

Но есть люди, мыслящие, как художники, картинами и образами: для них здание — не план, не схема, а живое создание их художественной фантазии:

намического резонанса тождественна с законами для электромагнитных колебаний. Работы по этому вопросу оказались более полными, чем предшествующие: был достигнут плавный переход из области отталкивания в область притяжения. Результаты этих исследований П. Н. Лебедев формулирует так:

«1. Законы пондеромоторного действия осциллирующего шарика на соответствующий резонатор тождественны как для продольных, так и для поперечных колебаний.

2. Когда резонатор выше настроен, то наблюдается притяжение; когда он настроен ниже — отталкивание.

3. Наибольшие величины этих противоположных пондеромоторных сил имеют место в непосредственной близости резонанса и непрерывно переходят друг в друга»¹.

Если взять любую современную монографию по молекулярной физике и посмотреть на графики, изображающие изменение потенциала взаимодействия в зависимости от расстояния сближающихся молекул, то легко убедиться в том, что они удивительно напоминают кривые П. Н. Лебедева. Разница заключается лишь в отсчете величин по оси абсцисс. В одном случае откладывается расстояние сближения, — во втором собственная частота резонатора. Но нетрудно понять, что собственные частоты колебаний оболочек атомов находятся в функциональной зависимости от расстояния сближения молекул.

Последовательность мышления П. Н. Лебедева была такова, что он не успокаивался на достигнутом, а стремился расширять найденные общие положения до последнего предела. От электромагнитных и гидродинамических резонаторов он перешел к акустическим и здесь путем чрезвычайно остроумных опытов ему удалось обнаружить те же закономерности, что и в предшествующих работах. Исследованиями пондеромоторных действий волн на акустические резонаторы закончился цикл его работ, которые он сам оценивает в следующих выражениях: «Главный интерес исследования пондеромоторного действия волнообразного движения лежит в принципиальной возможности распространить найденные законы на область светового и теплового испускания отдельных молекул тела и предвычислить получающиеся при этом межмолекулярные силы и их величину»².

Поставленная П. Н. Лебедевым проблема о молекулярных взаимодействиях до сих пор еще не получила окончательного решения. Над ней трудится весь мир и в основном в направлении, которое предвосхитил наш великий соотечественник.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ДАВЛЕНИЯ СВЕТА

Жизнь электромагнитной теории света, которую в то время выдвинул Клерк Максвелл, в значительной мере зависела от того, насколько следствия из нее будут подтверждены экспериментом. Одно из важнейших следствий этой теории заключалось в механическом действии световых волн.

Если пучок параллельных лучей падает отвесно на плос-

¹ Там же, стр. 93.

² Там же, стр. 120.

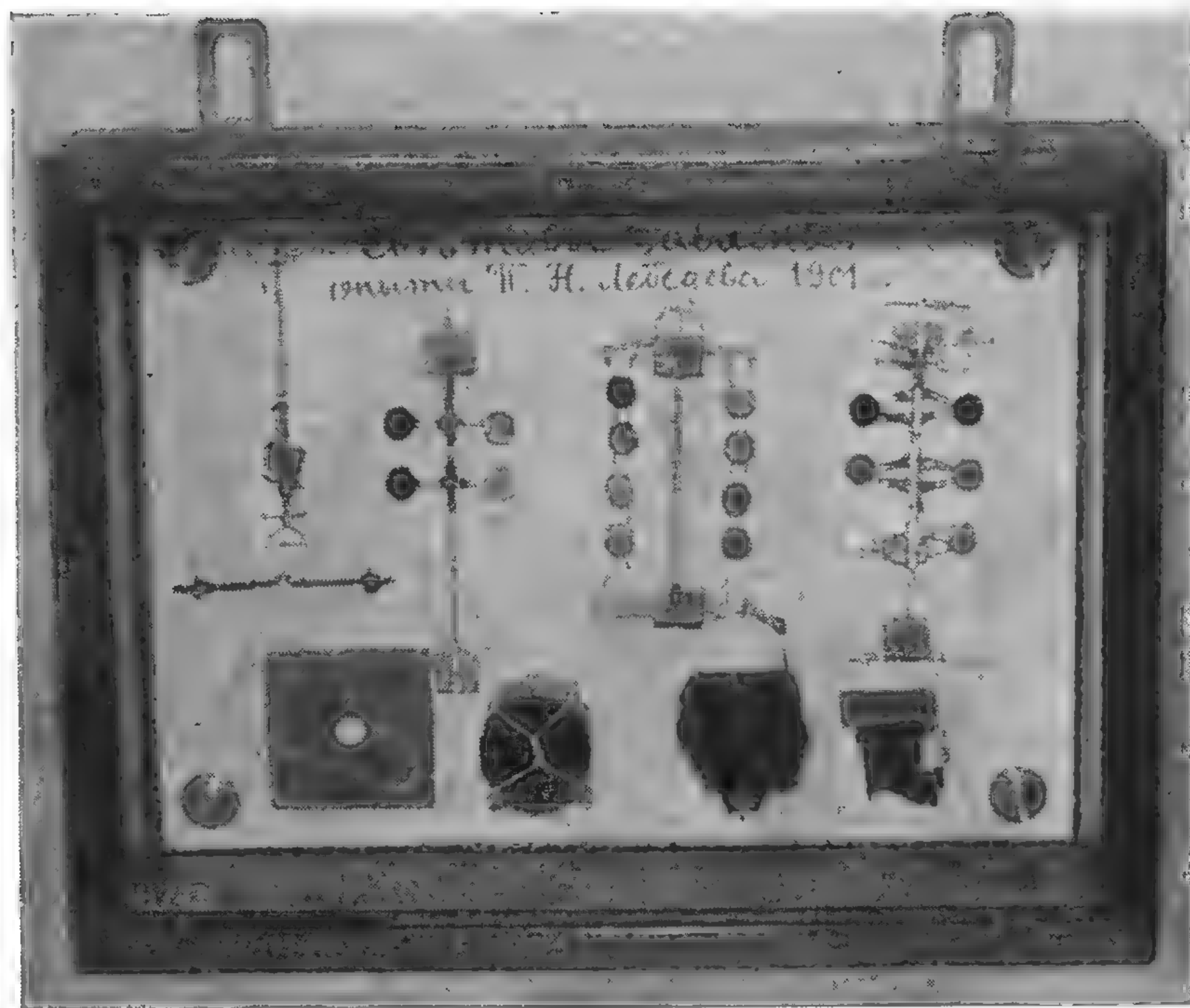
кую поверхность, то величина светового давления p будет зависеть от количества падающей в секунду энергии E , коэффициента отражения поверхности r и скорости распространения луча c . Математически закон Максвелла можно выразить так:

$$p = \frac{E}{c} (1 + r).$$

Световое давление по своей абсолютной величине имеет очень малое значение. Тем не менее от экспериментального подтверждения указанной выше формулы зависела судьба теории Максвелла. Такой эксперимент сопряжен с очень большими трудностями, которые каждый экспериментатор мог предвидеть, но не каждый мог рискнуть пожертвовать трудом и временем на их преодоление. Эта работа требовала не только находчивости и выдумки, но и огромного виртуозного искусства.

П. Н. Лебедев страстно любил тонкие опыты, особенно если ставился вопрос о подтверждении теории экспериментом. В этом случае его ничто не могло остановить. Он затратил десять лет кропотливого труда, чтобы обойти многочисленные препятствия и, наконец, вырвать у природы ее тайну, которую она тщательно скрывала и маскировала. Для того чтобы измерить световое давление, нужно было сделать миниатюрные мельничные крылья, поместить их в глубокий вакуум, достигнуть которого в те времена было не очень легко, так как не существовало насосов, подобных современным. А неполный вакуум приводил, с одной стороны, к конвекционным потокам, с другой, к радиометрическим силам, которые по своей величине были сравнимы со световым давлением. П. Н. Лебедев тщательно изучил эти явления и наконец придумал такое устройство, которое позволило ему исключить указанные побочные эффекты. В конечном счете его работа увенчалась блестящим успехом. Ему удалось доказать существование светового давления на твердые тела в полном соответствии с электромагнитной теорией Максвелла. И тогда вопрос для этой теории «быть или не быть» отпал. Появление работы П. Н. Лебедева в печати в 1901 г. должным образом было оценено мировой научной общественностью. Так, например, во время пребывания К. А. Тимирязева в Англии лорд Кельвин заявил ему, что, как всем известно, он всю жизнь воевал с Максвеллом, не признавая его светового давления, и вот Лебедев заставил его сдаться перед своими опытами.

За труды о световом давлении на твердые тела Академия наук присудила П. Н. Лебедеву премию.



Приборы П. Н. Лебедева, служившие для опытов по световому давлению

это красивая анфилада комнат, это стройно возвышающийся, соразмерный в своих частях, прекрасный фасад. Здесь нет места недодуманной детали: пустое место оскорбляет глаз, оно властно требует духовной работы для своего заполнения. И художник творит, и переживает муки творчества, и превращает ночь в день, и жадно ищет сотрудничества других, чтобы только воплотить возможно скорее в жизнь свою, выношенную в груди идею.

Так же работал и наш учитель. И все, что сделали его ученики, свидетельствует о том, что он их сделал участниками своей идеи, своего творчества...

Научное общение П. Н. считал одним из важнейших элементов развития начинающего ученого. Он первый в Московском университете завел для своих учеников colloquium, еженедель-

ные собеседования; здесь докладывалась текущая научная литература, и учились выступать начинающие. Праздником было самостоятельное сообщение которого-нибудь из работающих о собственном законченном исследовании. И над всем царил слог председателя, изумлявшего всех памятью, богатством и разнообразием сведений и личных воспоминаний...

Профессор Т. П. Кравец. «П. Н. Лебедев и созданная им физическая школа» (Из публичной речи памяти П. Н. Лебедева, произнесенной к годовщине его кончины. «Природа», 1913, № 3.

После работ, посвященных изучению светового давления на твердые тела, П. Н. Лебедев сразу же переходит к опытам над давлением света на газы. Метод, который он использовал, состоял в том, что свет, проходя через газ, заключенный в замкнутый сосуд, должен приводить его в циркуляционное движение. Если исключить из этого движения то, которое вызывается неравномерным нагревом газа, то весь эффект должен определяться световым давлением. Это давление можно измерить с помощью поршня, поставленного на пути движения газа. Все газы — плохие проводники тепла и только водород в этом отношении занимает особое положение, — его теплопроводность относительно велика. Если его подмешивать к исследуемым газам, то можно добиться таких условий, когда эффект конвективных токов будет очень мал и движение газа будет целиком обусловлено световым давлением. Эти опыты удались блестяще. По поводу их известный астрофизик Шварцшильд в письме к П. Н. Лебедеву от 9 февраля 1910 г. писал: «Я хорошо помню, с каким сомнением я услышал в 1902 году о Вашем предположении измерить давление света на газ, и я преисполнен тем большим удивлением, когда я прочел, как Вы устранили все препятствия»¹.

За работы по световому давлению на твердые тела и газы П. Н. Лебедев был избран почетным членом Королевского Общества Великобритании.

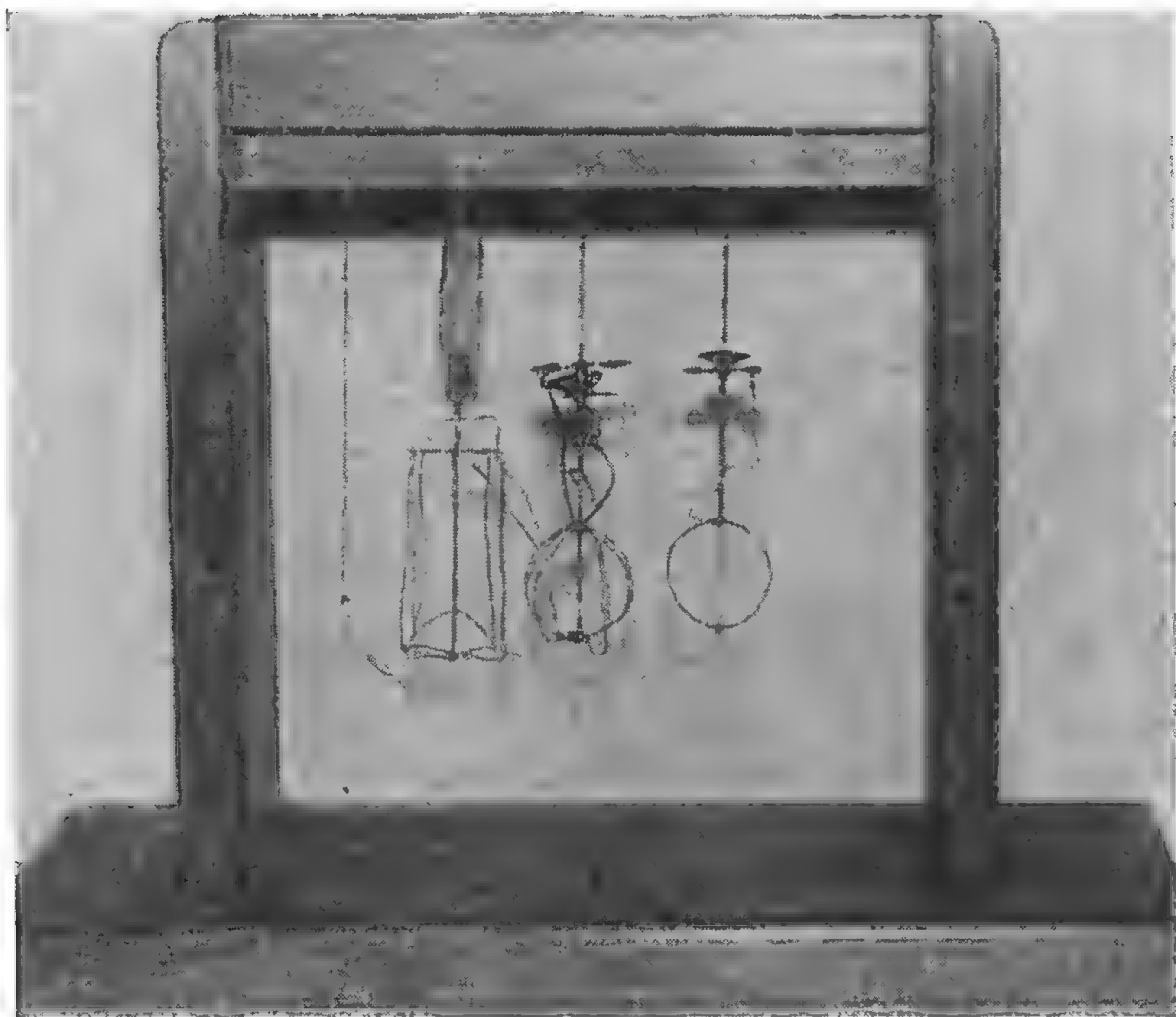
П. Н. Лебедев велик потому, что он понимал необходимость вести активную борьбу за теорию Максвелла и ему вместе с Г. Герцем принадлежит великая историческая заслуга в утверждении торжества теории Фарадея — Максвелла в наш век.

ОПТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

П. Н. Лебедеву принадлежит еще серия работ, замечательных по замыслу и выполнению, и направленных на ту же цель — экспериментальное обоснование концепции Фарадея — Максвелла.

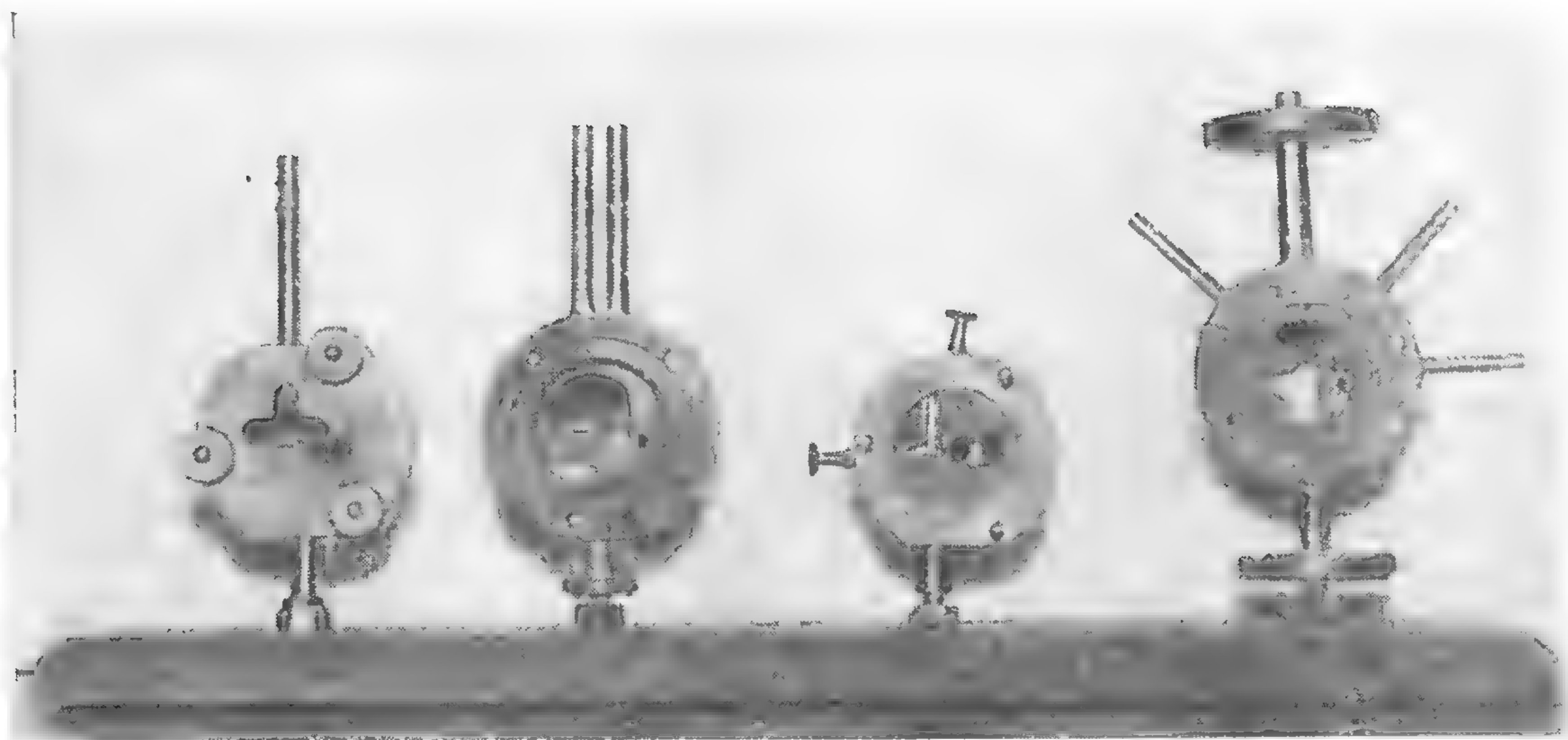
Как известно, световые волны преломляются, отражаются, интерферируют и претерпевают дифракцию от острого края и малого отверстия, обладают двойным преломлением в кристаллических телах и т. д.

П. Н. Лебедев задумал показать, что все эти качества в соответствии с идеями Максвелла присущи и электромагнитным волнам. Он придумал приборы, которые генерировали ш е с т и м и л л и -



Приборы П. Н. Лебедева для исследования действия волн на резонаторы

¹ Там же, стр. XIX.



Ряд приборов П. Н. Лебедева для опытов по световому давлению на газы

метровые электромагнитные волны; построил призмы и дифракционные решетки для изучения оптических свойств электромагнитного луча.

Результаты исследований полностью подтвердили его ожидания и он кончает свою работу словами: «Если число описанных опытов и невелико, то тем не менее они достаточны, чтобы иллюстрировать взгляды Максвелла на распространение электрических колебаний в кристаллических средах, высказанные им в еще 1862 г., а также еще раз показать тождество в явлениях электрических и световых колебаний и в этом более сложном случае»¹.

АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

П. Н. Лебедев был физиком широкого диапазона. Его интересовали почти все вопросы, которые имели хоть какое-либо отношение к физике. Например, он интересовался прохождением света по межзвездному пространству, а в последние дни своей жизни много занимался выяснением происхождения земного магнетизма.

Спектроскопические исследования Белопопольского двойной звезды β -Возничий и открытие некоторых фотометрических особенностей переменных звезд, сделанное за рубежом Нордманном, а в России Тиховым, поставили на очередь вопрос о возможных дисперсионных свойствах межзвездного пространства. Этому вопросу П. Н. Лебедев придавал принципиальное значение, однако он не видел достаточных оснований для его постановки в наблюдениях Белопопольского, Тихова и Нордманна. Он подверг тщательному анализу указанные наблюдения и показал, что методы Нордманна и Тихова недостаточны для того, чтобы можно было отделить дисперсию межзвездного пространства, если таковая существует, от действия побочных факторов, каковыми, по его мнению, являются термические эффекты, приливные явления в

¹ Там же, стр. 44.]

ИЗ ПЕРЕПИСКИ УЧЕНОГО

П. Н. ЛЕБЕДЕВ —
П. П. ЛАЗАРЕВУ

«...Давая тему начинающему, т.е. взявшись за задачу *формировать* будущего ученого, мы должны совершенно ясно себе представить и свою нравственную ответственность перед данным лицом. Искалечить такого начинающего нет ничего легче: дать ему интересную тему, но такую, которая ведет к ряду неожиданных, промежуточных трудностей — он затянется на деталях, проработает больше известного срока, на опыте разочаруется — и дело готово. Конечно, из двадцати случаев в девятнадцати это будет не жалко, но сказать вперед, кого из 20 жалко потерять — невозможно, а потому всех начинающих надо ставить в выгодные для них условия».

6 июля 1909 г.

«Мне думается, что вопросы физиологии сейчас находятся в том же положении, как вопросы



Лаборатория П. Н. Лебедева в городском университете им. Шанявского

физико-химии до Оствальда и Вант Гоффа: физиолог с знанием физики — или наоборот — может сыграть теперь огромную роль в истории науки и один на целое десятилетие продвинет всю физиологию вперед: от физиологической химии мы переходим теперь к механизму организации...

...то педагогическое значение, которое я прежде приписывал разнообразию тем и областей исследования, предполагая, что практиканты многому учатся друг у друга, это значение, как я теперь убедился, ничтожно мало... а поэтому тот выигрыш для науки, который получается при одностороннем направлении исследования в лаборатории, неизмеримо больше, чем сомнительная польза от разнообразия для практикантов... Лиц с собственной волей, собственными талантами и интересами специальная лаборатория может только немного задержать в развитии, но не испортит их; для «среднего» практиканта, который может делать только то, чему его учили, специальная лаборатория будет

атмосферах центральных тел и спутников и т. д. В общем, П. Н. Лебедев приходит к решительному выводу о принципиальной невозможности доказать явление дисперсий межзвездного пространства. По его мнению, *«пространство абсолютно лишено какой бы то ни было доступной измерению дисперсии света»*¹.

С нашей точки зрения, столь категорическое суждение знаменитого ученого, пожалуй, преждевременно, хотя его доводы по указанным частным наблюдениям весьма вески и убедительны. Проблема о дисперсии света в межзвездном пространстве настолько принципиальна, что требует более широкого сопоставления накопленных фактов.

Выше мы отметили, что П. Н. Лебедев питал особую страсть к трудным экспериментальным проблемам, если они имели принципиальное значение для науки. В связи с от-

крытием Хейлом сильных магнитных полей, сопутствующих вихревому движению фотосферы вокруг солнечных пятен, у П. Н. Лебедева появилась мысль — о возможном параллелизме магнитных явлений на Солнце и на земном шаре. Для подтверждения этой мысли он задался целью воспроизвести в лаборатории это космическое явление и непосредственно магнитометрически установить и измерить магнитные явления, вызываемые вращением тел. По его предположению, при вращении тел, благодаря центробежным ускорениям, должно происходить взаимное движение зарядов, входящих в структуру атомов или молекул вещества, причем отрицательные заряды атомов должны смещаться в направлении, перпендикулярном к оси вращения. Высказанная П. Н. Лебедевым гипотеза — видоизменение известной гипотезы Селерленда, который предполагал, что магнетизм земного шара есть следствие сдвига зарядов под влиянием гравитационных сил.

Задуманные опыты были без сомнения глубоко принципиальны, но и необыкновенно трудны. Вероятно только П. Н. Лебедеву они были под силу, так как вот уже прошло полвека и никто не решился приступить к их осуществлению. Начало этих исследований относится к 1911 г., а спустя всего лишь несколько месяцев П. Н. Лебедева не стало. Он умер в марте 1912 г.

МЫСЛИ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ НАУКИ

П. Н. Лебедев прославил свою родину не только личными трудами; он, как истинный патриот, один из первых выступил с пропагандой о коллективной работе в области науки. В одной из своих популярных статей он писал: «Большие физические лаборатории, исключительно предназначенные для

¹ Там же, стр. 168.

научных исследований, уже давно существуют на западе, — в Англии, Германии и Америке. Неуклонно разрабатывая научные вопросы, они, как показал опыт, совершенно неганданным образом обогащают технику. Может быть, наиболее ярким примером такой лаборатории является Королевский институт в Лондоне, более ста лет тому назад основанный на частные средства...

Значительное число занимающихся прежде всего и больше всего является полезным для самой науки и именно для разработки определенных областей ее, которыми задается данная лаборатория, и на такую коллективную работу я здесь особенно хотел бы указать...

Если в защиту большого числа работающих нужно приводить еще аргументы, то я укажу и на важное значение общения каждого работающего с большим числом лиц, заинтересованных тем же делом: такое общение ведет к интересному обмену мнениями и нередко помогает разобраться со встречающимися затруднениями в работе, пользуясь хорошим советом или указанием...

Стремление П. Н. Лебедева к коллективной работе в науке диктовалось не только его увлечением научными исследованиями, но он прекрасно понимал, что будущее любого государства в значительной мере зависит от того, насколько быстро в стране развивается наука. Теперь эта истина превратилась в аксиому.

Деятельность П. Н. Лебедева в Московском университете ярко подчеркивает его политическое кредо, как ученого. Здесь им была организована лаборатория, чрезвычайно плодотворно работавшая до 1911 г. В этом году в Московском университете разразилась гроза. В качестве протеста против покушения министра просвещения Кассо на университетскую автономию подали в отставку свыше 100 профессоров и доцентов, в том числе ушел из университета и П. Н. Лебедев. К великому сожалению, эта катастрофа на него так подействовала, что он серьезно заболел и уже не вернулся к своим молодым ученикам.

Университетская лаборатория П. Н. Лебедева, помещавшаяся в подвале старого здания физического института Московского университета, целиком вдохновлялась идеями П. Н. Лебедева. Многое, начатое им, продолжает развиваться и теперь.

После работ Клаузиуса, Максвелла и Больцмана по кинетической теории материи возник целый ряд проблем конкретного характера. Одна из таких проблем была связана с переносом тепла и массы в разреженных газах. Совместно с рядом своих учеников П. Н. Лебедев занимался изучением скачков температуры и скольжением разреженных газов при их движении у стенок, дисперсией звуковых волн в газах и жидкостях, взаимодействием этих волн с акустическими резонаторами.

Сравнительно недолгое существование лаборатории П. Н. Лебедева все же оказало самое серьезное влияние на развитие науки в нашей стране. Родилась знаменитая лебедевская школа физиков, из которой вышли ученые с мировой известностью¹.

¹ О школе П. Н. Лебедева см. «Природа», 1956, № 3.

зарезом — но чорт с ним. Я думаю, что борьба со «средним» ученым — самая необходимая борьба для пользы науки...

2 апреля 1910 г.

«...У меня проектов больше, чем я могу выполнить... я работаю чуть-чуть и больше мечтаю.

Так я собираюсь написать статейку «Статистика преподавания физики на земном шаре» — для чего взял «*Minerva*» за 1909—1910 гг. и подвожу статистику по всем странам: эта работа дает совершенно неожиданную картину всемирной физики, со всеми ее характерными особенностями для отдельных стран — это будет справкой, интересной или вернее просто курьезной; и эта работа настолько не хитрая, что я ее делаю вечером, чтобы с свободной головой лечь и приступить к чтению Фарадея.

Другая работа — «О ведении лаборатории»... содержала бы изложение того, как была пущена в ход наша лаборатория и какие трудности тут встречаются: она могла бы быть полезна многим не столько тем, что она дает, сколько тем, над чем она заставляет задуматься.

Потом у меня намечается ряд реферативных работ, связанных с тем курсом дополнительных глав по физике, которые я буду читать в весеннем семестре».

20 апреля 1910 г.
«Природа», 1917, № 3.

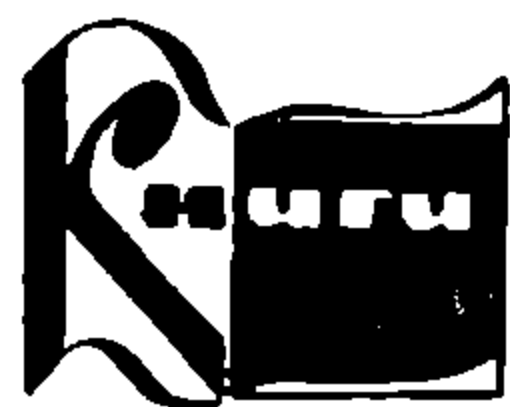


П. Н. Лебедев любил свою страну и тяжело переживал нерадивость правителей царской России в вопросе организации науки. В своей статье «Памяти первого русского ученого» он писал: «Всякий, кому приходится знакомиться с учеными трудами Ломоносова, не может не подумать с горьким, щемящим чувством, какой огромный талант бесследно и бесполезно погиб для Науки!..» И далее: «Не посчастливилось и самому дорогому детищу Ломоносова — университетам: вызванные к жизни настоящим ученым, предназначенные им служить учеными центрами и оплотами научной деятельности в России, они в руках его преемников, может быть, и добросовестно не понимавших ни значения, ни запросов науки, обратились в скромные учебные заведения, в которых пребывание науки необязательно, а если и разрешается, то только в свободное от занятия время»¹.

Наша научная общественность, да и весь народ чтит память великого труженика науки и патриота. Надо помнить заветы лучших людей нашей страны, П. Н. Лебедева, Д. И. Менделеева, А. Г. Столетова, Н. Е. Жуковского, не только в организации науки в нашей стране, но и в деле подготовки научных кадров высокой квалификации и культуры. Они далеко смотрели, много знали и много думали о судьбе своего народа и государства.

УДК 92. Лебедев

¹ П. Н. Лебедев, стр. 373—374.



Б. Матиенко

УЛЬТРАСТРУКТУРА ПЛАНТЕ- ЛОР

(Ультраструктура растений)
Изд-во «Карта Молдованяскэ»,
Кишинев (на молдавском языке),
1965, 251 стр., ц. 1 р. 11 к.

В книге Б. Т. Матиенко «Ультраструктура растений» обобщены новейшие сведения по ультраструктуре компонентов растительной клетки у различных категорий тканей. Субмикроскопические характеристики клеток различных растительных тканей с такой полнотой не были приведены ни в одной известной нам работе. Внутренняя библиография (около 750 названий) позволила автору осветить в книге почти все основные понятия цитологии и гистологии растений, касающиеся ультраструктур, выявленных до 1965 г.

Автор вносит новое в классификацию хромопластов. Удачно использованы субмикроскопические данные в доказательство

единства растительного и животного мира на примере существования общих конструктивных единиц (мембрана, фибрилла, гранула), наличия общего плана организации митохондрий, существования рибосомного аппарата. Проблема различия в растительном мире также освещается в плане полученных результатов по ультрамикроскопии.

На наш взгляд, основным достоинством книги, определяющим ее теоретическую ценность, является морфофизиологическая оценка субмикроскопических картин. Это крупный шаг в осмысливании богатого арсенала фактических данных в области субмикроскопической организации растений. При обобщении оригинальных и литературных материалов автором подмечена важная закономерность, состоящая в том, что субмикроскопические особенности клеточных компонентов выражают, как правило, тип тканей.

В книге дается краткое опи-

ГИПОТЕЗА КЕПЛЕРА ПОДТВЕРДИЛАСЬ

«... в заседании Физического Отделения Русского Физико-Химического общества, происходившем 30 октября 1901 года, в первый раз в только что построенном Физическом Институте, был прочитан присланный П. Н. Лебедевым доклад о произведенных им опытах над давлением лучей света на поверхности твердых тел... Здесь же, 27 декабря 1907 г., на заседании Отдела Физики 1-го Менделеевского Съезда было прочитано предварительное сообщение Петра Николаевича о другом ряде его опытов, об исследовании им давления света на газы... При помощи остроумнейшего способа Петр Николаевич констатировал давление света на газы и таким образом блестяще подтвердил правильность гипотезы, высказанной Кеплером еще триста лет тому назад».

Проф. И. И. Боргман. «Последние успехи в физике». Протоколы Второго Менделеевского съезда. 1911 г.

сание принципов работы электронного микроскопа и ультрамикротомы. Специальная глава посвящается методике приготовления из растительных объектов препаратов для электронной микроскопии. Детально рассматриваются все этапы препарирования вплоть до получения ультратонких срезов.

Обобщающий монографический характер работы Матиенко, обилие и свежесть фактических сведений, доступность изложения, большое число иллюстраций, — все это говорит о том, что она может быть рекомендована в качестве пособия для студентов биологических факультетов вузов и преподавателей биологии в средней школе.

Рецензируемая книга — это первая монография по ультраструктуре растений, опубликованная в нашей стране. Она вполне заслуживает переиздания на русском и других языках народов СССР.

Академик АН МССР
А. А. С п а с с к и й

ТЕОРИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ ЗА 1965 ГОД

К. А. Кафани

Институт молекулярной биологии АН СССР (Москва)

Трем французским биологам, сотрудникам Пастеровского института в Париже—Франсуа Жакобу, Андре Львову и Жаку Моно — присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине за их работы по регуляции внутриклеточных процессов. Многолетние исследования этих ученых по генетике, биохимии и физиологии микроорганизмов принесли многочисленные открытия и обобщения, в значительной мере определившие развитие молекулярной биологии.

Созданная Ф. Жакобом, А. Львовым и Ж. Моно стройная система представлений является по существу единой теорией управления внутриклеточными процессами на основе открытых ими информационных связей. Регуляторные механизмы, описываемые этой теорией, относятся к трем различным, но взаимосвязанным категориям внутриклеточных процессов: это управляемые белковыми катализаторами, ферментами, реакции переработки и биосинтеза небольших молекул — метаболитов; процессы сборки макромолекул, при которых реализуется генетическая информация, закодированная в наследственных структурах; процессы воспроизведения (репликации) генетического материала.

Ф. Жакоб и Ж. Моно создали теорию аллостерической регуляции, которая объясняет механизм управления ферментативными процессами. Ферменты, подверженные такой регуляции, способны взаимодействовать не только с участниками и продуктами реакции, как другие ферменты, но также и с некоторыми соединениями, которые не имеют пространственного, или стерического сходства с каталитическим центром фермента (отсюда и термин «аллостерия» от греческого слова «аллос» — несходный). Поэтому такое соединение, названное аллостерическим эффектором, не входит в данную реакцию ни в какие химические

превращения, и выполняет чисто сигнальную функцию: оно вызывает мгновенное и обратимое изменение сложной трехмерной структуры фермента, приводящее к ослаблению или усилению его каталитической функции.

Обычно аллостерические ферменты стоят «во главе» целых серий ферментов, синтезирующих определенный конечный продукт. Как правило, последний служит аллостерическим ингибитором первого фермента. Накопление конечного продукта вызывает угнетение этого фермента, останавливая всю серию превращений и приводя тем самым к временному торможению синтеза конечного продукта по типу отрицательной обратной связи. Многие из аллостерических ферментов могут регулироваться также продуктами других ферментных систем, причем регулирующие сигналы бывают как угнетающие, так и активирующие. В этом случае действие данной системы определяется соотношением концентраций различных эффекторов. Таким образом аллостерические ферменты как бы сопоставляют эти сигналы, осуществляя координацию биосинтеза различных метаболитов.

Следующий уровень регуляции, механизм которой открыт новыми Нобелевскими лауреатами, это регуляция синтеза макромолекул, а именно белков. Известно, что ни в одной клетке не бы-

вают реализованы все ее наследственные потенции, и в частности, ни в одной из них не синтезируются одновременно все белки, закодированные в ее генах. Следовательно, существует механизм регуляции проявления генетических потенций клетки. Этот механизм был подробно исследован А. Львовым, Ф. Жакобом и Ж. Моно на примере регуляции синтеза в фаговых и ферментных белках у их излюбленного объекта — бактерии кишечной палочки.

А. Львову Нобелевская премия присуждена именно за открытия, касающиеся проблемы регуляции проявления информации, заключенной в генетическом материале (ДНК) фагов. Проникнув в бактерию, фаг обычно быстро размножается в ней, вызывая ее распад (лизис). Однако некоторые (латентные, или умеренные) фаги могут оставаться в клетке в виде так называемого профага. А. Львов доказал, что ДНК умеренного фага включается в состав хромосомы бактерии — хозяина и воспроизводится вместе с ней при ее размножении. Бактерии, несущие в своей хромосоме ДНК — профаг, были названы лизогенными. При некоторых условиях, например, при ультрафиолетовом облучении лизогенных бактерий, профаг активируется, приводя к образованию множества фаговых частиц и, в результате, к лизису бактерии. Таким образом, размножение фага, синтез нужных для этого специфичных для фага белков, находится в лизогенной бактерии под некоторым запретом, который может быть снят внешним воздействием.

А. Львовым был также проведен большой цикл работ, касающийся влияния условий питания на рост простейших и их адаптации к изменениям питательной среды. Развитие этих работ его учениками и сотрудниками, Ф. Жакобом и Ж. Моно, на бактериях привело к разработке как уже упомянутой теории аллостерической регуляции действия ферментов, так и теории регуляции их синтеза.

Помимо ферментов, синтезируемых при росте на любых средах (конститутивные ферменты), бактерия имеет большое число ферментов, закодированных, как и конститутивные, в ее хромосоме, но синтезируемых в зависимости от состава среды. Если в условиях голодания бактерии дать новое питательное вещество, то в ней происходит индукция — синтез ферментов, позволяющих усвоить именно это вещество. Обратное

явление, открытое Ж. Моно, — репрессия синтеза ферментов, осуществляющих биосинтез метаболитов, — происходит, если в среду внести избыток веществ, образуемых при участии именно этих ферментов. Поскольку синтез белков связан с огромными затратами материалов и энергии, способность клетки синтезировать их лишь в необходимых случаях придает ее обмену веществ исключительную экономность и приспособительную гибкость.

Ф. Жакоб и Ж. Моно выдвинули так называемую унитарную гипотезу репрессии и индукции, согласно которой эти два внешне противоположные явления имеют в своей основе единый механизм: синтез индуцируемых ферментов репрессирован при росте бактерии на обычных средах.

Регуляция синтеза ферментов у бактерий происходит следующим образом. Структура ферментов закодирована в особых генетических локусах (участках) хромосомы, в «структурных генах». Сами же ферментные белки, однако, синтезируются на отдельных цитоплазматических тельцах, рибосомах, которые сами по себе не содержат информации, или программы для синтеза белка. Эта программа, содержащаяся в структурном гене, должна, следовательно, быть перенесена к рибосомам. В качестве переносчика информации от структурных генов к рибосомам был постулирован гипотетический агент «messenger» (посланник), или, по-английски, messenger (мессенджер), на который происходит переписывание, или транскрипция, этой информации. Авторам гипотезы мессенджера — одного из замечательнейших предсказаний биологической науки — удалось дать целый ряд важных характеристик этого агента, природа которого — приблизительный молекулярный вес, скорость синтеза, время жизни была в то время совершенно неизвестна. В биохимической проверке гипотезы участвовали и ее авторы. Мессенджер оказался рибонуклеиновой кислотой (мессенджер-РНК, или мРНК, часто обозначаемая у нас как информационная РНК), с предсказанными свойствами.

Транскрипция информации структурных генов на мессенджер контролируется особыми макромолекулярными агентами, «репрессорами», структура которых закодирована в «генах-регуляторах». Репрессор взаимодействует не прямо со структурным геном, а с соседним с ним особым генетическим локусом, «оператором». При-



Лауреаты Нобелевской премии Андре Львов, Жак Моно и Франсуа Жакоб, получившие Нобелевскую премию 1965 года по физиологии и медицине

крепившись к нему, репрессор каким-то образом затрагивает так называемый «промоторный» локус, с которого должно начинаться последовательное переписывание структурной информации, и тем самым препятствует транскрипции. Оператор и промотор, вместе со структурным геном, составляют самостоятельную генетическую единицу, «о п е р о н», регулируемую репрессором как целое. Опероны часто включают в себя не один, а несколько (иногда более 10) структурных генов, кодирующих структуру целой серии функционально связанных ферментов, и тем не менее, регулируются одной молекулой репрессора через один общий оператор и промотор. Такая «централизация» управления синтезом ферментов напоминает аналогичную централизацию управления действием ферментных систем через их «г о л о в н о й» аллостерический фермент.

Эта аналогия в действительности глубже, чем может показаться. Репрессоры имеют белковую природу и каждый из них строго специфичен в отношении регулируемого им оператора. Одновременно они обнаруживают

специфическую чувствительность к некоторым метаболитам, а именно, к молекулам веществ, вызывающих репрессию и индукцию. Взаимодействие с метаболитом не связано с химическим изменением последнего и имеет чисто сигнальное назначение, т. е. такой метаболит является ничем иным как а л л о с т е р и ч е с к и м э ф ф е к т о р о м, а репрессор, изменяющий свои свойства при взаимодействии с эффектором, соответственно, — а л л о с т е р и ч е с к и м б е л к о м.

Результат взаимодействия репрессор — эффектор различен в случае индуцируемых и репрессируемых систем. В первом случае репрессор сам по себе активен, т. е. блокирует транскрипцию, а взаимодействие с эффектором (индуктором) инактивирует репрессор, делая возможным синтез мессенджера — происходит индукция синтеза ферментов. В случае репрессируемых систем репрессор сам по себе не активен, а активируется эффектором (ко-репрессором), в результате чего транскрипция блокируется — происходит репрессия синтеза ферментов. Если ко-репрессором

служит метаболит, образуемый этими ферментами, то он тем самым регулирует возможность синтеза самого себя по типу отрицательной обратной связи, на этот раз опосредствованной через генетический аппарат и аппарат белкового синтеза.

Активность многих репрессоров может регулироваться эффекторами — продуктами действия нескольких ферментных систем, причем эти эффекторы могут иметь различный знак действия. В таких случаях транскрипция данного оперона зависит от соотношения концентраций различных метаболитов и от сродства репрессора к ним. Так, благодаря анализирующему действию репрессоров осуществляется координирование синтеза большого числа ферментов в зависимости от состояния среды и обмена веществ. В этой сложной системе координированной регуляции малые молекулы — метаболиты — выполняют роль управляющих и корригирующих сигналов, в конечном счете гибко контролирующих проявление, реализацию наследственных потенций клетки, жестко фиксированных в молекулярной структуре ДНК хромосом.

Широкую картину внутриклеточной регуляции, нарисованную Ф. Жакобом, А. Львовым и Ж. Моно, завершает гипотеза регуляции синтеза ДНК («репликации» генетической информации) и клеточного деления. В созданной ими гипотезе «репликона» постулируется, что репликация непрерывных генетических структур (каковы, как установлено авторами, хромосомы кишечной палочки, ее автономные генетические элементы, «эписомы» и хромосомы фагов), регулируется как единое целое при помощи двух макромолекулярных компонентов: инициатора «репликатора». Первый, по-видимому представляет собой фермент, осуществляющий синтез ДНК, или способствующий ему, а второй — участок цепи ДНК, распознаваемый «инициатором» как место начала репликации.

Авторы гипотезы предложили также механизм, связывающий репликацию ДНК с делением клеток. Согласно этой гипотезе, сигнал, запускающий очередной цикл репликации ДНК, возникает у клеточной оболочки, когда рост последней, в свою очередь зависящий от других синтезов, достигает определенного предела. ДНК связана с оболочкой посредством открытой авторами субклеточной частички нового типа — «мезосомы». Прямые микроскопические наблюдения показали, что удвоение ДНК связано с удвоением мезосом, которые постепенно оттесняются одна от другой растущей между ними в виде перегородки оболочкой, «растаскивающей» в стороны материнскую и вновь образованную хромосомы.

Гипотеза «репликона» находится сейчас в стадии интенсивной разработки, и, возможно, ей суждена важная роль в объяснении механизмов, управляющих размножением животных клеток в норме (при эмбриональном развитии, росте и регенерации) и при злокачественном перерождении.

В заключение хочется отметить особенность стиля исследований Ф. Жакоба, А. Львова и Ж. Моно, которая предопределила их успех. Она прослеживается во всех их работах: это глубокое взаимное проникновение генетического и биохимического подхода, это гармоничное сочетание строгого логического анализа фактических данных и основанного на нем смелого предположения с точно нацеленным изящным и остроумным экспериментом. Чтение этих работ всегда не только поучительно, но и доставляет эстетическое наслаждение. Можно смело сказать, что прогресс науки обязан новым Нобелевским лауреатам не только тем, что они создали новый круг представлений, имеющих универсальное биологическое значение, но и тем, что они развили сам метод подхода к изучению сложнейших загадок живой природы.

УДК 576.3

Читайте в следующем, № 4 журнала «Природа»

ГРАВИТАЦИЯ И ЖИЗНЬ. Статья проф. В. А. Коржуева

ОРНИТОФАУНА И КУЛЬТУРНЫЙ ЛАНДШАФТ. Статья проф. Н. А. Гладкова
и акад. Э. К. Рустамова

ОСТОРОЖНО, ОТСЕБЯТИНА! Статья проф. А. С. Компанейца



УНИКАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДВУХМЕТРОВАЯ ПРОПАНОВАЯ ПУЗЫРЬКОВАЯ КАМЕРА

В марте 1965 г. исполнилось 10 лет со дня основания Объединенного института ядерных исследований в Дубне — крупнейшего научного центра по физике элементарных частиц. В институте активно сотрудничают ученые многих социалистических стран, которые вносят свой большой вклад в решение ряда проблем микромира. За 10 лет Институт сделал замечательные открытия, которые выдвинули его на одно из передовых мест в мировой науке. За эти годы были созданы многие уникальные машины — ускорители элементарных частиц, приборы и инструменты для их изучения. На страницах журнала «Природа» широко освещались научные достижения Института. Недавно в Дубне запущен новый прибор для регистрации процессов, вызываемых частицами больших энергий — 2-метровая пропановая пузырьковая камера. Ее запуск — крупное достижение, в котором сконцентрирован богатый опыт инженерных и научных коллективов. Эта работа значительно расширит фронт новых исследований, повысит точность и надежность научных результатов, что в конце концов приведет к качественно новому скачку в повышении уровня исследовательских работ.

Можно без преувеличения сказать, что успехи физики высоких энергий за последнее десятилетие во многом обязаны применению пузырьковых камер. Это объясняется рядом преимуществ, которыми они обладают по сравнению с другими методами регистрации частиц, получаемых на ускорителях. Так, по плотности рабочего вещества пузырьковые камеры, наполненные тяжелыми жидкостями, например ксеноном, приближаются к фотоэмульсиям, а по размерам рабочего объема и способности работать в магнитных полях они превосходят камеры Вильсона. Наряду с этим «мертвое время» (т. е. время между рабочими циклами) пузырьковых камер много меньше, чем у камер Вильсона. Частота повторения рабочих циклов у пузырьковых камер в сотни и даже тысячи раз выше, чем у камер Вильсона. Применение пузырьковых камер в экспериментах, которые ставятся в пучках частиц больших ускорителей, постоянно расширяется. Совершенствуются методы обработки

полученных стереофотографий. Особенно велика в этом роль быстродействующих вычислительных машин.

Принцип работы пузырьковых камер был открыт Д. А. Глезером¹. Он заключается в следующем. Если жидкость перегрета путем быстрого понижения давления (ниже давления насыщенных паров), то ее кипение происходит только в результате появления центров парообразования. В пузырьковых камерах используется тот факт, что такие центры могут создаваться проходящей через перегретую жидкость заряженной частицей. Заряженная частица на своем пути выбивает из атомных оболочек вещества δ -электроны. Энергия их различна. Быстрые δ -электроны уходят далеко от места прохождения частицы и сами могут в свою очередь выбивать такие же электроны. Если они имеют энергию, характерную для об-

¹ См. «Природа», 1961, № 3, стр. 88—90.

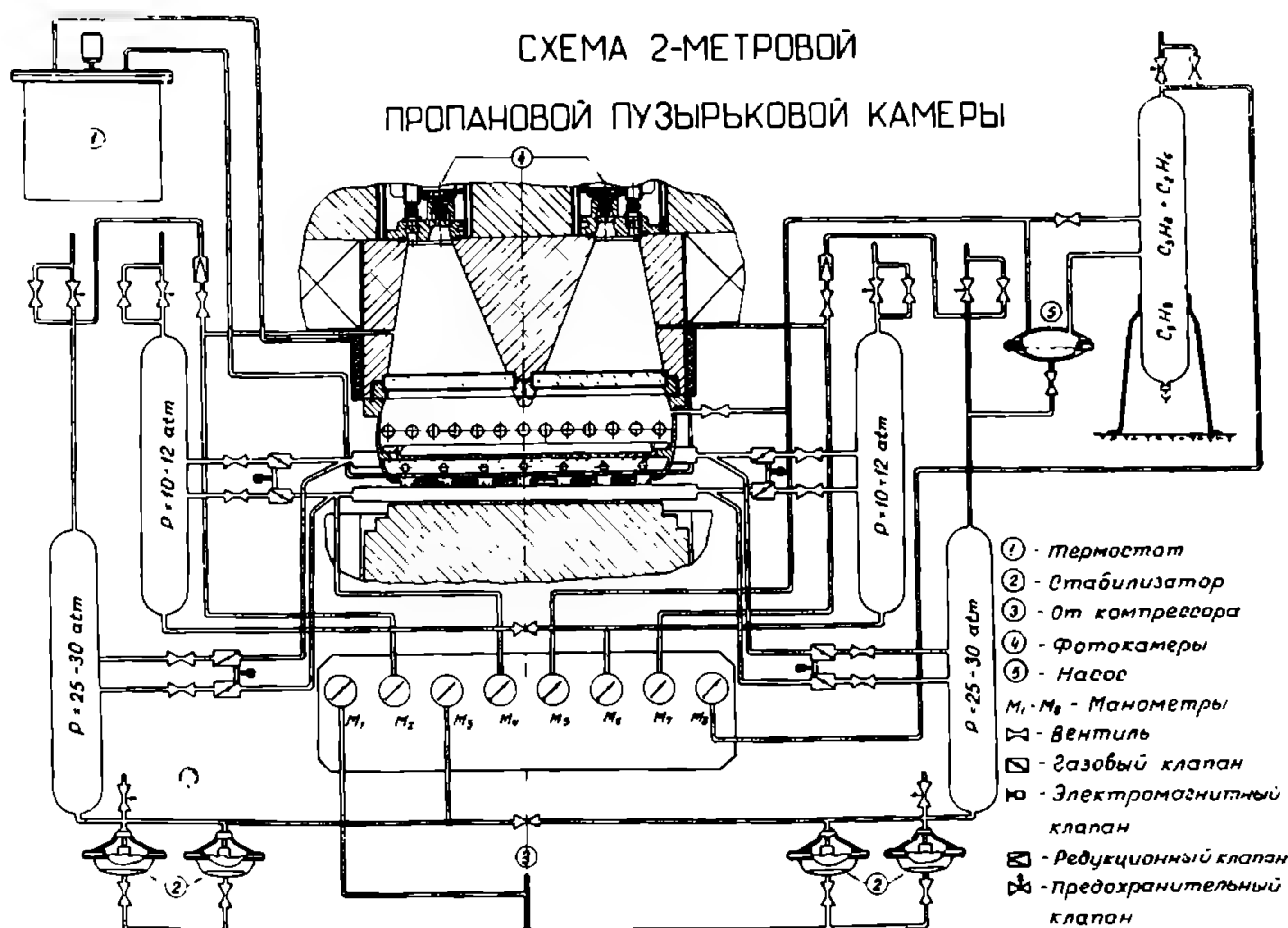


Рис. 1. Схема 2-метровой пропановой пузырьковой камеры

разования зародыша в данной жидкости¹, то за счет соударения с атомными электронами и атомами, как целым, быстро передают запас своей энергии в очень малом объеме. Этот объем разогревается так сильно, что находящаяся в нем жидкость переходит в парообразное состояние. И если размер этой области будет выше некоторого критического, то образовавшийся пузырек вырастет до видимого размера. Если же выделившейся энергии будет недостаточно, то образуется очень маленькая полость, которая захлопывается давлением, обусловленным поверхностным натяжением: $p = 2\sigma/r$, где σ — поверхностное натяжение (в динах/см), а r — радиус зародыша парового пузырька (в см). Из данного выражения видно, что чем больше радиус зародышевого пузырька, тем меньше сила, противодействующая его росту.

Из рассмотренного здесь механизма образования пузырьков следует, что заряженная частица при прохождении через пере-

гретую жидкость оставит на своей траектории цепочку пузырьков, которые вырастают до видимых размеров за время около 1 мсек. Число пузырьков на единицу длины ее траектории будет определяться числом δ -электронов, которые в данной среде может создать проходящая заряженная частица. Процесс этот имеет статистический характер, а поэтому будет происходить разброс в числе пузырьков на единицу длины около некоторого среднего значения. Средняя плотность пузырьков вдоль следа, как и среднее число δ -электронов определенных энергий, обратно пропорциональна квадрату скорости заряженной частицы. Этот факт используется для разделения одинаково заряженных частиц, но разной массы, имеющих одну и ту же пропорциональную импульсу кривизну пути в магнитном поле, т. е. разную скорость.

Почти во всех современных ускорительных лабораториях применяется несколько типов пузырьковых камер. Так, в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований работают на жидководородных, пропановых и ксеноновых камерах. Они применяются для решения разных задач. Для того чтобы изучить взаимо-

¹ В водороде на один пузырек в рабочих условиях пузырьковых камер частицей расходуется энергия 0,5 кэв, а в пропане около 2 кэв.

действия с чистыми протонами, более всего подходит жидководородная камера; когда же необходимо очень эффективно регистрировать γ -кванты, вне всякой конкуренции — ксеноновая камера. При изучении элементарного акта взаимодействия частиц с водородом и одновременной эффективной регистрации γ -квантов, в качестве рабочей среды чаще всего используют пропан или смесь пропана с фреоном или ксеноном.

Поэтому среди различных типов пузырьковых камер очень широкое распространение получили пропановые пузырьковые камеры. Жидкий пропан в этих камерах имеет плотность $0,43 \text{ г/см}^3$. Плотность свободного водорода в рабочих условиях пропановых пузырьковых камер на 30% выше плотности жидкого водорода в водородных пузырьковых камерах. Такая большая плотность свободного водорода позволяет изучать взаимодействия частиц с протонами без использования криогенной техники.

ЗАЧЕМ НУЖНЫ БОЛЬШИЕ КАМЕРЫ

Присутствие углерода в молекуле пропана (C_3H_8) несколько затрудняет отбор взаимодействий частиц с чистым водородом. Среди событий, отобранных как чистоводородные, всегда имеется некоторая примесь от взаимодействий с протонами из ядер углерода. Но для многих целей примесь таких квазिवодородных событий не так существенна.

Во многих ядерных процессах, кроме заряженных частиц, образуются и γ -кванты. Такой квант может быть обнаружен по создаваемой им паре заряженных частиц (электрон и позитрон).

Средняя длина пути, на которой происходит превращение γ -кванта в пару электрон-позитрон, характеризуется радиационной длиной. Для пропана она равна 110 см, а при добавке фреона или ксенона — еще короче.

Для успешной регистрации γ -квантов размер камеры должен быть больше радиационной длины. Кроме того важно, чтобы длина следов образующейся пары электрон-позитрон и других заряженных частиц была достаточно велика; это обеспечивает большую точность в определении их импульсов.

Увеличение размера камеры имеет и еще одно важное преимущество: при этом увеличивается вероятность столкновения частиц

с ядрами водорода или углерода в камере, а следовательно, сокращается время эксперимента на ускорителе. Рабочее время ускорителя используется более эффективно.

Создание больших пузырьковых камер — задача трудная. Как бы хорошо ни было спланировано время, как бы много специалистов к этому делу ни подключалось, от начала работ над проектом до запуска камеры проходит несколько лет. Типичный пример одной из таких программ — создание и запуск 2-метровой пропановой пузырьковой камеры в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне. Запущенная в октябре 1965 г. камера создавалась в течение 4,5 лет. Она представляет собой сложный комплекс сосудов высокого давления, термостабилизирующих и газовых систем, магнита, оптических, фотографических и осветительных устройств, а также многих других узлов, обуславливающих ее нормальную работу. В работах над этим проектом и его осуществлением принимала участие большая группа физиков, инженеров и рабочих из стран — участниц Объединенного института ядерных исследований¹.

УСТРОЙСТВО КАМЕРЫ

Двухметровая пропановая пузырьковая камера, схема размещения которой в магните показана на рис. 1, имеет фотографируемый рабочий объем в 500 л. Он заполнен жидким пропаном при давлении 26 атм. Размеры рабочей области: длина 2 м 10 см, ширина 65 см, глубина 43 см. Почти каждая из сильно взаимодействующих частиц, проходящих вдоль камеры, будет сталкиваться с ядрами водорода или углерода. Камера также будет очень эффективно регистрировать γ -кванты по их превращению в электронно-позитронные пары. Общее представление о масштабе всей установки можно получить из рассмотрения рис. 2.

Корпус камеры, вид которого показан на рис. 3, размещается в межполюсном зазоре постоянного электромагнита, с напряженностью 16 тыс. э. Для достижения этой напряженности магнитного поля электромагнитом потребляется мощность 1000 квт. В конструкции готового магнита был переделан верхний полюсный блок и сделано два колодца в ярме магнита для размещения стереофотоаппаратов.

¹ См. «Nucl. Instr. a. Methods», 1963, № 20. p. 110—113.

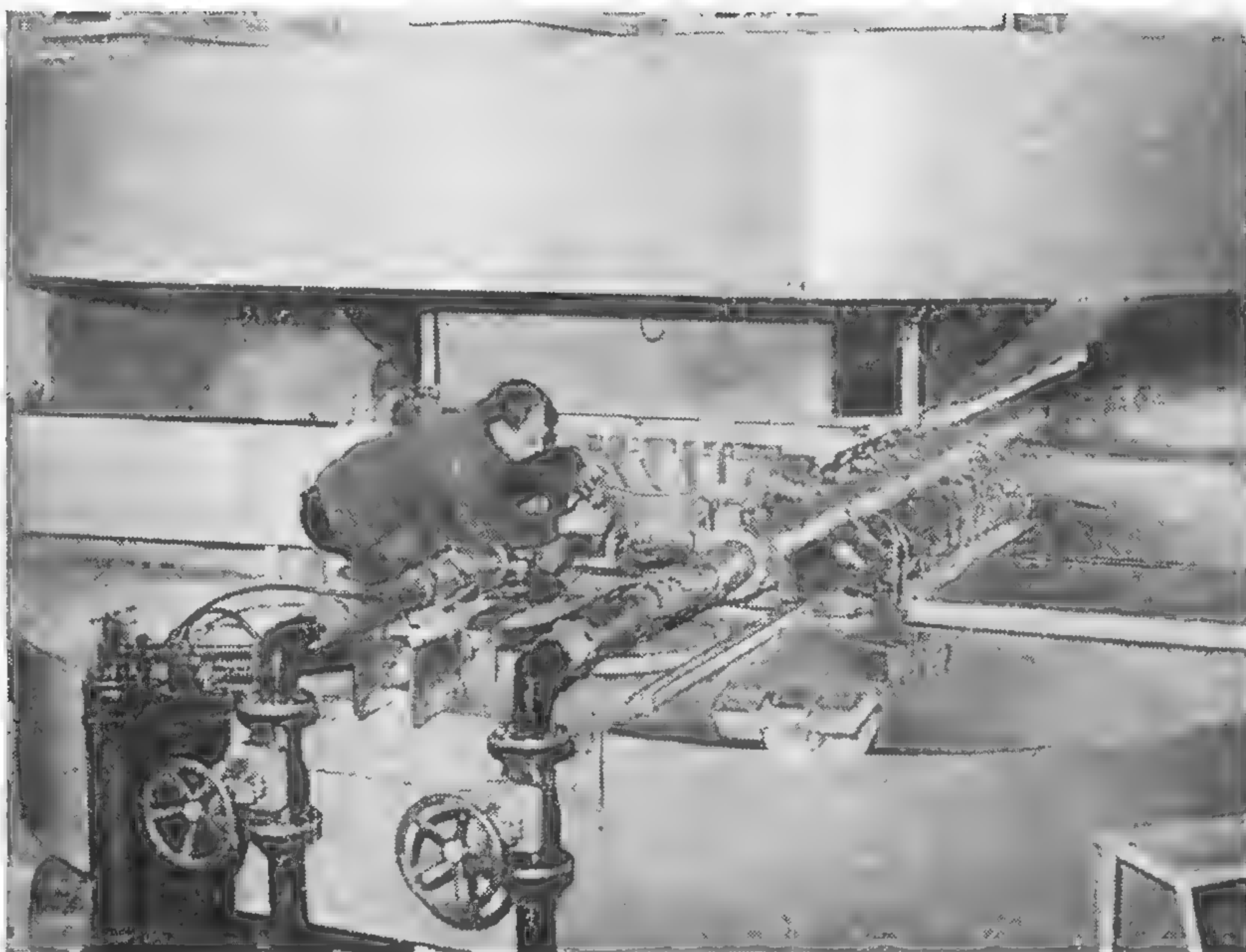


Рис. 2. Общий вид установки

Верхний полюсный блок магнита также является составной частью камеры. В нем уплотняются большие стекла и к нему же крепится корпус самой камеры, изготовленный из немагнитной нержавеющей стали. На верхней части полюсного блока размещается оптическая система для фотографирования. Полюсный блок также выполняет функции защитного кожуха при разрушении больших стекол. Колодцы в полюсном блоке заполняются инертным газом (азот, углекислота и т. д.) при давлении 15 атм. Это снимает часть нагрузки на большие стекла, возникающей от давления рабочей жидкости в камере.

Для приведения рабочей жидкости камеры в перегретое состояние камера имеет специальный быстродействующий расширительный механизм. Ведь необходимо привести в движение массу жидкости объемом в 600 л за время, измеряемое несколькими единицами тысячных долей секунды. Расширительная система камеры несколько отличается от общепринятых конструкций. Расширение рабочей жидкости производится при помощи пластинчатой мембраны из темной синтетической резины. Мембрана в крайнем нижнем положении может опираться на решетку. У решетки, выполненной из латунной плиты, 28000 отверстий диаметром 4 мм. Для придания ей же-

сткости она привертывается болтами к семи сегментам, приваренным по образующей цилиндра к днищу камеры (рис. 3). Изменение давления от расширителей передается гидравлически. Расширители представляют собой трубчатые системы. Внутри этих труб со смещением от центра по диаметру в сторону, противоположную соединительным патрубкам, крепятся трубы меньшего диаметра, у которых по 10000 отверстий диаметром 3,5 мм. Поверх этих труб одеты резиновые трубчатые мембраны, плотно зажатые на концах хомутами. Для обеспечения постоянной величины изменения объема при расширении ход трубчатой мем-

браны по радиусу ограничен также трубой с отверстиями.

На одной стороне у труб есть клапаны, соединенные с золотниковым клапаном, который управляется электромагнитным устройством. Воздух или азот при давлении 26 атм из большой емкости подается через эти клапаны в расширительную систему; через отверстия в трубе малого диаметра он давит на трубчатую резиновую мембрану, та в свою очередь на воду, а вода на пропан через пластинчатую мембрану. Расширение производится через такую же клапанную систему, смонтированную на другом конце расширительных труб. После выхлопа газа из расширителя добавочное давление на пропан снимается. Проходящие в этот момент частицы способны вызвать закипание вдоль своего пути, если пропан предварительно нагрет до рабочей температуры $+60^{\circ}\text{C}$.

Использование в конструкции камеры двух мембранных систем и промежуточной жидкости, а также разных систем труб и решеток с отверстиями несколько снижает скорость расширения и поджатия, однако это гарантирует большую безопасность в работе, если произойдет разрыв одной из мембран. Выброс пропана наружу в этом случае исключается. Термостабилизация камеры обеспечивается двумя термостатами и водяными насосами.

Картина ядерного события в рабочем объеме камеры фиксируется на фотопленку. Для этого необходимо осветить объем камеры высокоинтенсивной кратковременной вспышкой света.

Освещение камеры производится через 26 круглых иллюминаторов по 13 с каждой стороны. Они находятся ниже средней плоскости камеры. Каждый иллюминатор имеет свой отдельный осветитель, но все осветители работают синхронно. Каждый осветитель имеет по 2 импульсных лампочки ИФК-120. Одна из них работает, давая импульсную вспышку света длительностью 0,5 мсек, другая — запасная.

Фотографирование рабочего объема камеры производится двумя фотографическими системами из трех камер каждая. Объективы расположены треугольником на одной металлической плите. Наибольшее расстояние между объективами — основная база — 380 мм; расстояние от оптических центров крайних объективов до оптического центра среднего объектива — 250 мм. Сейчас используются объективы «Руссар-плазмат Т2с» с фокусным расстоянием 150 мм и углом зрения $2\beta = 60^\circ$. Оптические оси объективов параллельны друг другу и перпендикулярны плоскостям стекол, закрывающих рабочий объем камеры. Объективы рассчитывались специально. Суммарная толщина стекол перед пропаном 200 мм, и искажения, вызываемые этими стеклами, скомпенсированы до границы пропан-стекло.

Фотографирование производится на 80-миллиметровую перфорированную пленку с уменьшением для средней плоскости в 8,3 раза. Каждый объектив имеет свой фильмопротяжный механизм.

Надо отметить также, что использование готового магнита, требования к механической прочности камеры, трудности и дороговизна изготовления оптических стекол большого размера заставили применить два стекла, закрывающие рабочий объем по длине камеры. Размер больших стекол $960 \times 650 \times 150$ мм. В средней части

камеры имеется зона, которая перекрывается при фотографировании. По фотографиям передней половины камеры и второй ее части с использованием системы реперов в рабочем объеме картина взаимодействия может быть восстановлена полностью.

Управление и контроль за работой камеры осуществляется дистанционно со специального электронного пульта, который позволяет синхронизировать работу всех устройств камеры и всей установки в целом с работой ускорителя.

Система управления должна в определенном порядке за короткое время привести в действие различные системы камеры. Мы уже знаем, что чувствительное время камеры составляет несколько миллисекунд. Поэтому до появления в ней кратковременного пучка частиц камера при помощи относительно медленных механических систем заранее должна быть приведена в чувствительное состояние. Затем, после прохождения частиц через ее рабочий объем, его необходимо осветить, чтобы сфотографировать картины ядерных взрывов, обусловленных взаимодействием прошедших частиц с ядрами вещества, заполняющего камеру. Все эти операции должны быть осуществлены в определенной временной последовательности с большой точностью. Затем камера должна быть снова



Рис. 3. Корпус камеры

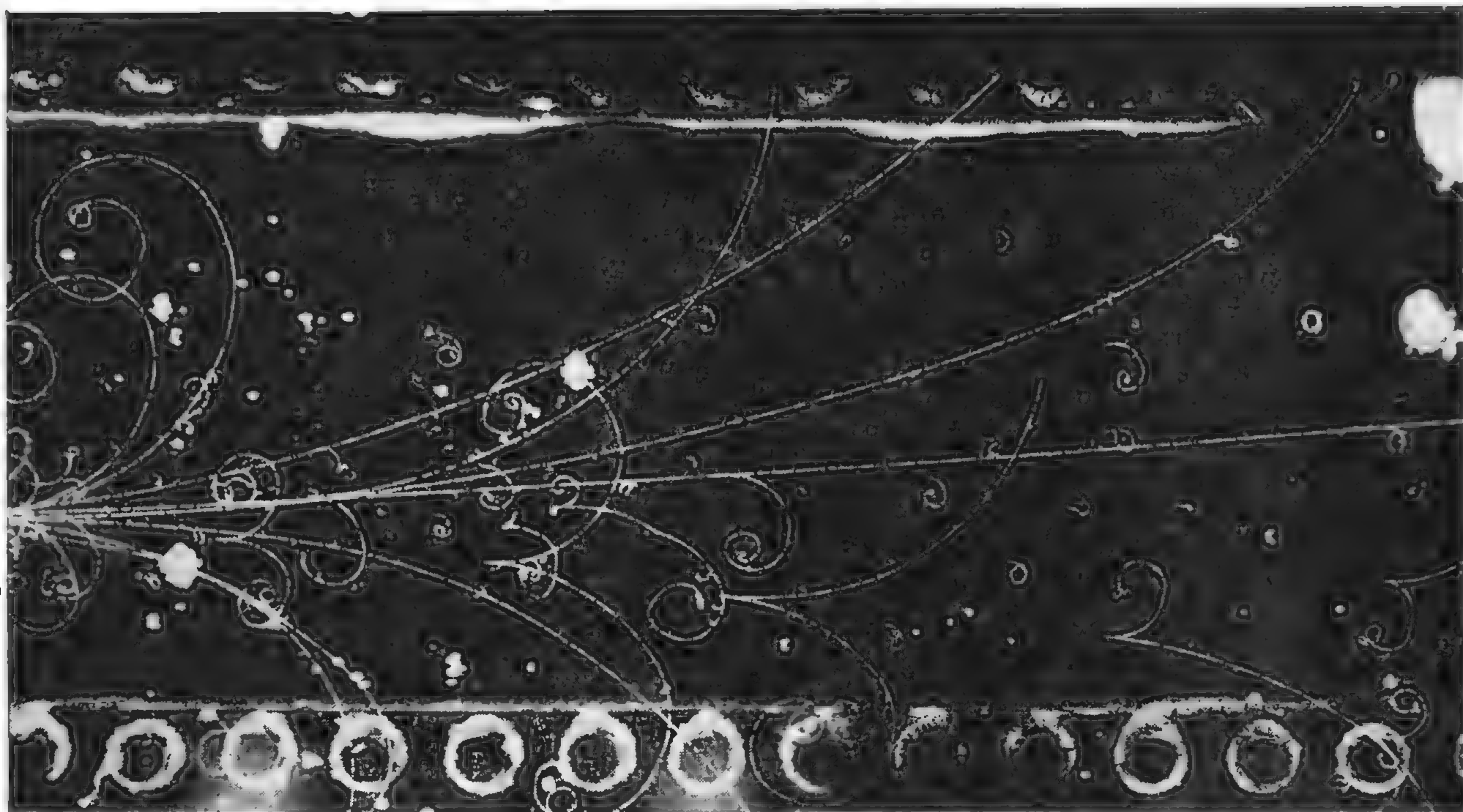


Рис. 4. Одна из первых фотографий со следами частиц больших энергий, полученная при помощи 2-метровой пропановой пузырьковой камеры. Видны вилки следов положительных и отрицательных частиц, которые представляют собой электрон-позитронные пары, возникающие в результате конверсии γ -квантов. Прямые прерывистые линии — следы заряженных частиц больших энергий, спирали — следы фоновых частиц

готовой для нового цикла срабатывания. Это и делают по определенной программе электронные устройства пульта управления камерой.

Сейчас камера находится в рабочем состоянии. На ней получены первые фотографии со следами частиц больших энергий, и физики выясняют ее возможности для приложений в исследованиях по различным вопросам физики элементарных частиц. Одна из таких фотографий приведена на рис. 4. Она демонстрирует способность камеры с пропановым наполнением к эффективному детектированию γ -квантов больших энергий.

Но создать саму камеру — это хотя и очень важный, но еще не конечный этап работы. Кроме самой камеры, нужны сложные ионно-оптические устройства для формирования пучков частиц больших энергий. Пусть, например, решено, что камеру необходимо облучить в пучке антипротонов больших энергий. Надо иметь в виду, что тяжелые античастицы, такие как антипротоны, образуются довольно редко. Через камеру желательно пропускать пучок антипротонов с минимальным количеством «фоновых» частиц. Для удобства обработки фотографий

число частиц не должно превышать десяти. Для отделения антипротонов от пионов и других отрицательных частиц применяется система из фокусирующих квадрупольных линз, магнитов и громадных «конденсаторов» с электрическим полем между пластинами в несколько сот тысяч вольт, что позволяет на ее выходе сфокусировать пучки тяжелых частиц — антипротонов и легких частиц — p -мезонов на заметном расстоянии друг от друга. Благодаря этому антипротоны можно направить через отверстие коллиматора в камеру, а пионы — в стенку коллиматора, где они будут полностью поглощены.

Применение новой большой камеры с пропановым наполнением для изучения взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами водорода и углерода позволит получить новые еще не известные сведения о свойствах элементарных частиц и их взаимодействиях.

М. И. Соловьев,
И. В. Чувило

Доктор физико-математических наук
Объединенный институт ядерных исследований
(Дубна)

УДК 539.107.33



Баргузинский заповедник. Долина реки Шумилихи

Фото автора

БАРГУЗИНСКОМУ ЗАПОВЕДНИКУ 50 ЛЕТ

*Профессор А. Г. Б а н н и к о в
Москва*

Байкал. Это слово известно всему миру... Байкал неповторим и мало похож на другие озера. Его трудно даже назвать озером — это настоящее море: длина его около 650 км, что равно расстоянию от Москвы до Ленинграда.

Вероятно, самая удивительная особенность Байкала — его древность. Возраст его — 25—30 миллионов лет!

Столь длительное существование огромного водоема с пресной водой привело к появлению в нем богатейшего и своеобразного животного мира, поражающего исследователей. Сейчас известно более 1200 видов животных, обитающих в Байкале. При этом 3/4 их — эндемики, т. е. нигде в мире, кроме Байкала, они не встречаются. Самобытность

фауны Байкала настолько велика, что его выделяют в особую Байкальскую зоогеографическую подобласть.

Байкал суров. Горы, подступившие к нему со всех сторон, покрыты угрюмой тайгой. Одно из самых труднодоступных мест, куда даже русские промышленники проникли менее ста лет тому назад, получило название Подлеморья. Здесь, на северо-востоке, между центральным гребнем Баргузинского хребта и побережьем, лежит страна горной тайги, ледниковых озер, хаоса каменистых осыпей, непроходимых зарослей кедрового стланика, край звериных троп, медвежьих берлог и баргузинского соболя...

Эвенки Шемагирского и Киндигирского родов с незапамятных времен кочевали по

этому краю, промысля драгоценного зверя — соболя. Но затем, после эпидемии черной оспы в середине прошлого века и неумеренного непрерывного промысла, край оскудел. Соболя почти не осталось. Царское правительство было вынуждено принять экстренные меры. В 1912 г. добыча соболя была запрещена на три года, в 1914 г. организованы экспедиции для выбора мест под заповедники.

С большим трудом проникли Г. Г. Дюпелмаир, З. Ф. Сватощ и К. А. Забелин в Подлеморье, и их героический труд не пропал даром. «Министр земледелия, 29 декабря 1916 г., — как было записано в Собрании узаконений и распоряжений Правительства № 18, — представил Правительствующему Сенату об установлении Баргузинского, в Забайкальской области, Баргузинского уезда, охотничьего заповедника, расположенного по северо-восточному побережью озера в нижеследующих границах...».

Так был создан Баргузинский заповедник. В 1923—1926 гг. это было узаконено Указами Советского Правительства.

РЕЛЬЕФ И КЛИМАТ

Заповедник расположен на западных склонах Баргузинского хребта, занимая при-

брежную полосу шириной 45—80 км и длиной около 100 км. Восточная его граница проходит по центральному водораздельному гребню Баргузинского хребта, северная — по междуречью Езовки и Кабаньей, южная — по водоразделу рек Шумилиха и Громотуха. Площадь сухопутной части заповедника 248,1 тыс. га. Кроме того, заповедна прилегающая трехкилометровая полоса акватории Байкала, площадью 150 тыс. га.

Баргузинский хребет — один из наиболее высоких поднятий Забайкалья. Пики центрального гребня имеют высоты 2400—2600 м, а отдельные вершины поднимаются до 3000 м над ур. м., сверкая белизной вечных снегов.

Наиболее крупные реки заповедника: Большая, Езовка, Давша, Биракан, Туркулик, Сосновка, Кудалды, Шумилиха; кроме того, здесь множество ручьев и речушек.

Несмотря на то что заповедник лежит на 54—55° с. ш., климат его суровый и испытывает на себе очень большое влияние Байкала.

Температура воды в открытом Байкале

Каменистые россыпи — курумники

Фото автора



Тайга спускается к самому Байкалу

Фото автора





Соболь — вот ради кого был создан Баргузинский заповедник



Талец — незамерзающий ключ в горах

Фото О. Гусева

редко когда поднимается выше $10-12^{\circ}$, а на глубине свыше 500 м она круглый год равна $3,5^{\circ}$. С января по май, т. е. пять месяцев, Байкал находится подо льдом.

Весна приходит медленно и поздно; поздно на побережье наступает и осень; первая половина зимы бывает сравнительно теплой.

Баргузинский хребет задерживает осадки, которых на его западных склонах в заповеднике выпадает почти в два раза больше, чем за хребтом. Снегопады длятся 7,5 месяцев. На побережье высота снежного покрова в среднем 70—90 см, а в гольцах — до 160—200 см. Снег в гольцах спрессован до плотности льда и ходить без железных шипов на обуви бывает трудно.

Осенью, с октября по декабрь, свирепствуют ветры. Они дуют со скоростью до 40 м/сек. Сарма, как называют эти ветры, поднимают тучи брызг, лодки и суда обледеневают, и это нередко влечет за собой катастрофы. Во время осенних штормов на берегах вырастают огромные ледяные барьеры с гротами и причудливыми колоннами.

В заповеднике есть горячие источники с выходом на поверхность. У поселка Давше один из горячих ключей используется как баня. Вода в нем имеет круглый год температуру $39-40^{\circ}$ и сильно пахнет сероводородом. Группа гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатно-натриевых источников на р. Большой, в 35 км от побережья, имеют температуру $54-76^{\circ}$. Зимой над горячими ключами клубятся столбы пара, оседающие кругом кристаллами инея, а среди сугробов у темной воды зеленеет трава. Горячие ключи — хранители южных и реликтовых видов; здесь найдены южные стрекозы, узорчатый полз, щитомордник, европейская фиалка, папоротник-ужовник. Деревья около горячих ключей достигают особенно гигантских размеров, а трава — в рост человека. Недалеко от источников образуются солонцы, охотно посещаемые дикими копытными.



Альпийское озеро в заповеднике

Фото автора

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Из-за большого перепада высот, расчлененности рельефа и влияния Байкала в заповеднике хорошо выражены высотные пояса растительности при достаточном ее разнообразии и богатстве.

Самый верхний, безлесный пояс занимают гольцы, составляющие более половины сухопутной территории заповедника. На юге заповедника, где гребень Баргузинского хребта приближается к побережью на 25—30 км, гольцы начинаются уже в 8—10 км от Байкала.

Там, где гребень хребта изрезан, утесы



Ушканьи острова

Фото автора

и каменистые россыпи покрыты лишайниками. На задернованных участках образуются зеленые луга из кабрэзии и осок, расцвеченные анемонами, водосборами, геранью и огоньками. На высокогорных плато развиваются настоящие каменистые тундры, чаще дриадовые. Если почва достаточно мощная, их сменяют ерниковые и рододендрово-арниковые тундры с пышными коврами из кладоний и центарий.

Ниже тундра переходит в заросли кедрового стланика, обычно чередующиеся с ягельниками и голыми россыпями. Кое-где, среди темных пятен стланика выделяются светло-зеленые заплаты зарослей корявых каменных берез. Курумники, как здесь называют эти места, труднопроходимы. Приходится продираться сквозь тесно переплетенные упругие ветви: ноги скользят, попадают в капканы ветвей. Но стланик — замечательное

растение Забайкальских гор, он хорошо плодоносит, и шишки, туго набитые маленькими кедровыми орешками, которые так любят многие обитатели заповедника, во многом облегчают им существование в этих суровых местах.

Еще ниже, до самого побережья, простирается тайга. Наиболее богата тайга среднего пояса гор, где преобладают кедрово-пихтовые леса с примесью лиственницы и сосны. В долинах рек леса особенно разнообразны. Светло-зеленые листья и белесая кора огромных бальзамических тополей рельефно выделяются на фоне темных елей, стройные, грациозные ивы-чозении образуют светлые, чистые рощи у воды. Хорошо растут в поймах сосны и березы, осины и пихты; гигантских размеров достигают здесь кедровые. Густые заросли кустарников из красной и черной смородины, черемухи, спирей, жимолости, рябины, бузины, сибирского дерна и щиповника образуют обильный подлесок. Лиственница здесь представлена двумя видами: на севере — даурской и на юге — сибирской.

Влияние Байкала на прибрежную полосу настолько велико, что здесь образуется как бы второй подгольцовый пояс растительности, на что обратил внимание еще В. Н. Сукачев. Непосредственно за береговым валом, например, близ устья Давши, лежат калтусы, т. е. сфагновые болота с искривленными лиственницами и клюквой, а вблизи устья Кудалды, как и в ряде других мест, дюнные пески зарастают кедровым стлаником. Найдено здесь и много других альпийско-арктических видов растений, например снежная камнеломка.

ЖИВОТНЫЙ МИР

В заповеднике обитает около 35 видов млекопитающих, 220 видов птиц, но только 4 вида рептилий и всего 2 вида амфибий.

Прежде всего — о соболе — самом драгоценном и сейчас самым многочисленном хищнике заповедника, ради которого он и был создан. В заповеднике обитает наиболее ценный — баргузинский соболь. Суровая горная тайга Подлеморья и создала удивительно шелковистую, блестящую, темно-шоколадную шкурку зверька.

Сейчас соболя в заповеднике живут повсюду, от прибрежной тайги Байкала до гольцов Баргузинского хребта. На всей территории обитает примерно 700—800 соболей. В середине зимы, когда наступает пора высоких снегов, соболя, живущие высоко в горах, спускаются в долины рек, где легче находить пищу. Вообще же соболь привязан к своему охотничьему участку размером в 2—3 км².

Охотится соболь за самыми разнообразными животными. Излюбленным его кормом служат мелкие грызуны, прежде всего многочисленные в тайге красно-серые и красные полевки, реже ловит он белок, иногда бурундуков и сенокосов. Зимой его добычей может оказаться ночующий в снегу рябчик, а то и глухарь. Но не меньшее значение для соболя имеют и кедровые орехи и орехи кедрового стланика, а также ягоды, особенно рябина. С сентября, как только начнут созревать ягоды, всю осень и начало зимы соболь постоянно наведывается в рябинники. Летом зверьки охотно едят прошлогоднюю бруснику, а как только поспеет черника, и от нее не отказываются. Кроме того, соболь и сладостен: на подкормочных пунктах в заповеднике зверьки всегда охотно брали варенье и сахар, почти наравне с мясом.

Всеядность соболя отличает его от большинства других хищников; при недостатке одного корма соболь легко переключается на другие и редко испытывает недостаток в пище. Это в значительной мере определяет отсутствие резких колебаний его численности.

Весной, в апреле — начале мая, в дуплистом колоднике или в пустотах между камнями, соболь приносит 3—4 детенышей. Маленькие, беспомощные, покрытые короткой белесой шерстью, слепые, с закрытыми слуховыми отверстиями соболята через месяц прозревают, а к середине августа уже становятся почти взрослыми.

Гон у соболей происходит в июне — июле, но развитие зародыша на ранних стадиях приостанавливается на 7—8 месяцев (латентная стадия); вновь зародыш начинает раз-

виваться только ранней весной, когда бывает так называемый ложный гон. Незнание этой особенности было одной из причин, почему долгое время не могли получить потомство от соболей в неволе. Только после того как удалось установить, что беременность у соболя длится не 35—40 дней, а 9 месяцев и настоящий гон бывает летом, соболь стал объектом звероводства. Однако звероводство, особенно в отношении соболя, не заменяет, а лишь дополняет пушной промысел. Восстановление численности соболя в Сибири — одно из замечательнейших достижений нашего охотничьего хозяйства. Баргузинскому заповеднику в этом отношении принадлежит почетная роль.

К моменту организации заповедника на его территории насчитывалось не более 20—30 соболей. Однако уже к 1934 г. число их возросло в 6—8 раз и соболь широко



У старого кедра

Фото автора

расселился по заповеднику, но не достиг еще берега Байкала. Еще через 10 лет соболь занял все лесные угодья Баргузинского хребта и даже те места, где его никто из старожилов раньше не встречал.

Заселив угодья заповедника до определенной плотности, «лишний» соболь стал покидать его пределы. По данным З. Ф. Сватоша — руководителя заповедника с первого дня его организации и на протяжении почти 30 лет — уже в середине 30-х годов ежегодно из заповедника в прилегающие охотничьи угодья переходило около 150 соболей. Таким образом, заповедник не только сберег соболя и служил базой для его изучения, но и был рассадником, обогатившим охотничьи угодья Забайкалья.

Родственных соболю хищников — горностая и особенно колонка — в заповеднике мало. В этом повинен соболь, который не терпит конкурентов и активно изгоняет их. Правда, горностай еще встречается в гольцовом поясе и в предустьевых частях рек.

Следы пребывания росомахи, этого бродяги и разбойника, встречаются здесь не так уж редко. Всю зиму росомаха бродит, преодолевая любые снега благодаря своим широким лапам. Она преследует диких северных оленей, выслеживает кабаргу или поднимается в гольцы за белыми куропатками.

В тихих заводях рек, богатых рыбой, летом держится выдра. Осенью, когда реки покроются льдом, а Байкал еще шумит, выдры спускаются к побережью. Но в декабре лед сковывает воды Байкала и они вновь уходят на реки, в те места, где полыньи остаются на всю зиму. Здесь, на перекатах, этот удивительно стремительный и быстрый в воде зверь ловит налимов и хариусов. Ловкая в воде, выдра неуклюжа и медлительна на суше.

Рысь в заповедник заходит очень редко, поскольку в этом районе мало зайцев и нет косули — основной ее добычи в Восточной Сибири. Только зимой, когда Байкал скован льдом, в поисках пищи иногда прихо-



Кабаргу трудно заметить в лесной чаще

Фото С. Устинова

дят волки. Проходя по льду, они редко заглядывают в тайгу и промышляют только по долинам рек; дальше их не пускают высокие снега.

Лисица в начале зимы также держится на побережье Байкала. Летом по долинам рек и на берегу изредка можно встретить мышкующих лис, но в заповеднике им живется, видимо, не очень-то хорошо, и численность их здесь постоянно низкая.

Другое дело медведь; в Подлесье он благоденствует и его можно встретить повсюду, от берегов Байкала до гольцов. Обилие кедровых орехов, ягод, сочной травы на горных лугах, насекомых, бычков и их икры в прибрежной полосе — позволяет жить здесь такому количеству медведей, которого нет, вероятно, ни в одном другом месте Сибири. Например, зоолог О. К. Гусев за три летних месяца 1958 г. встретил в Прибайкалье 53 медведей!

Весной, в середине апреля, когда образуется настолько прочный наст, что выдерживает тяжесть медведя, а на крутых безлесных склонах гор появляются первые проталины, звери поднимаются из берлог. На полянах они отыскивают молодые проростки трав, перезимовавшие ягоды, кедровые орехи из запасов бурундуков, насекомых; иногда, голодая преследуют лосей.

Через месяц, в мае, медведи собираются на берегу Байкала, где в это время начинается массовый лет байкальских ручейников, а бычки подходят на нерест. По вечерам, выходя на берег, медведи бродят вдоль самой кромки воды и, ворочая камни, достают набившихся под них ручейников или ловят пляшущих на отмелях бычков. Насытившись к полуночи, звери уходят в тайгу, но под утро приходят вновь и уходят под покров тайги лишь с восходом солнца. В часы кормежки зверей на берегу слышен стук переворачиваемых камней, и в это время на каждый километр побережья в среднем приходится примерно по одному медведю.

В конце июня, когда горные луга богаты сочным разнотравьем, большинство медведей поднимается по долинам рек в горы, где и кормится все лето. В конце октября



Листья бадана поднимаются вверх по камням
Фото автора

медведи бродят в поисках места для берлоги и вскоре залегают под большими плоскими камнями или под корнями деревьев.

Среди диких копытных заповедника наиболее многочислен северный олень, однако держатся олени небольшими группами по 3—5 голов. Летом их постоянно можно встретить в верховьях рек и на перевалах, где они пасутся на горных лугах и любят отдыхать на снежниках или в тени скал. В октябре они спускаются в таежные предгорья или прибрежные низменности. В апреле они вновь поднимаются в горы, обычно по

одним и тем же тропам. В это время легче всего можно увидеть цепочку северных оленей, каждый из которых, экономя силы, удивительно точно ступает в след впереди идущего.

Лось в заповеднике стал почти столь же обычным, как и северный олень. Однако он появился здесь недавно, придя с севера, с Витимского нагорья. Теперь он заселил уже всю территорию, но зимой большая часть лосей спускается в долины рек таежного предгорья, где не такие высокие снега, много ивняков, березняков и подроста пихты, т. е. основных его кормов. Летом по долинам наиболее крупных рек лоси поднимаются до высокогорных лугов и здесь можно встретить их следы рядом со следами северного оленя.

До появления лося в заповеднике, лет 30 тому назад, здесь было много маралов. Однако с увеличением числа лосей марал начал исчезать, и теперь он стал большой редкостью в заповеднике. Очевидно, марал не выдерживает конкуренции с лосем и переходит через перевалы на восточные склоны Баргузинского хребта, где его по-прежнему еще много.

В заповеднике можно встретить еще одно копытное — кабаргу. Мэхчака, как называют кабаргу эвенки, живет не всюду. Больше всего ее на прибрежных мысах, обрамляющих бухты Байкала. В сильно захлавленной, густой, темно-хвойной тайге крутых скалистых склонов этих скрытных, живущих поодиночке зверей, трудно заметить. Только маленькие, тонкие и острые копытца, оставляя следы, выдают ее присутствие.

Вероятно, ни один зверек так часто не попадает на глаза человеку, как бурундук. Любопытный и озорной, он встречает свистом или цоканьем каждого пришельца и провожает его до границы своего охотничьего участка.

Нередка в тайге белка, которая здесь зимой темно-серая, а летом смолисто-черная. Особенно много белок в кедровниках и зарослях кедрового стланика, но численность ее испытывает резкие колебания, а в последние годы она заметно сократилась. Обычна в заповеднике летяга, довольно редок заяц-беляк.

В гольцах, на горных лужайках, затерявшихся среди каменистых россыпей и зарослей кедрового стланика, постоянно слышен короткий и резкий свист черношапочного сурка. Выждав немного, пока уляжется

тревога, можно увидеть и самих зверьков, сидящих на камнях. Колонии сурков обычны в верховьях рек и горных ключей; здесь, на зеленых лужайках, они кормятся сочной травой. К осени черношапочный сурок переходит на орехи кедрового стланика. Только этот, необычайно питательный корм в суровых гольцах севера обеспечивает суркам большие жировые запасы на период длинной зимней спячки и голодной поздней весны. Уже в конце сентября, накопив до двух килограммов жира, сурки сменяют летние убежища среди камней на глубокие зимние норы. Только в середине мая, когда появляются первые проталины на южных склонах, сурки выходят на поверхность.

Там же, где и сурки, в каменистых россыпях, шныряют бесчисленные северные пищухи. Тонкий, похожий на птичий, свист сопровождает каждого путника среди россыпей и скал гольцового и таежного пояса гор. Пушистые бесхвостые зверьки с большими круглыми ушами суеются среди камней и тревожно замирают, сливаясь с коричнево-серыми камнями. Уже в начале августа под каменными плитами можно найти их запасы — тщательно высушенные травы, веточки березы или ивы. Эти запасы сена — большое подспорье зверькам, деятельным всю долгую зиму.

В тундрах гольцовой зоны можно поймать саянскую высокогорную полевку, но самые многочисленные мышевидные грызуны здесь, как и повсюду в заповеднике, — красные и красно-серые полевки. По берегам рек, особенно в нижнем поясе, много полевко-экономок; здесь же найден лесной лемминг.

Но один из самых замечательных зверей этого края — байкальская нерпа. Есть все основания считать, что этот эндемичный для Байкала вид тюленя проник сюда в ледниковую эпоху, очевидно, через Лену. Древний сток Байкала в Лену, через Баргузинскую долину и Витим кажется более вероятным путем проникновения нерпы и омуля, чем путь через систему Енисей — Ангара. Так или иначе, ближайший родич байкальской нерпы — кольчатая нерпа — обитает в Ледовитом океане.

Байкальская нерпа весит до 100 кг, она буровато-серебристо-серая сверху и более светлая снизу. Почти всю жизнь она проводит в воде, но не реже чем каждые 20 мин. она должна подниматься на поверхность за воздухом. Для этого она зимой пользуется



Весной медведи по насту спешат к Байкалу — ловить ручейников и бычков

Фото Н. Немногова

специальными отдушинами. Эти отверстия во льду нерпа делает в период ледостава и поддерживает их в течение всей зимы. В воде нерпа плавает со скоростью около 8 км/час, но по берегу или льду передвигается в четыре раза медленнее.

Питается байкальская нерпа рыбой, главным образом сорной голомянкой и бычками, и не приносит вреда рыбному хозяйству.

В феврале-марте у нерпы рождаются детеныши, чаще один, редко два, покрытые густым белым мехом. В снежных сугробах, среди торосов, мать устраивает для них гнездо. Лишь небольшое отверстие в снежном своде для доступа воздуха и лунка, ведущая под лед, связывают это гнездо с внешним миром.

В апреле на лед выходят все звери и устраивают залежки по несколько десятков голов. В середине мая — июне происходит спаривание. Вскоре, когда распадается лед, нерпы

выходят не береговые лежбища. Они любят вылезать на каменистые берега и подолгу лежать недалеко от воды. Особенно известны излюбленные лежбища байкальской нерпы на Ушканьих островах.

Всего на Байкале сейчас насчитывают 25—30 тыс. нерп. В заповеднике на них ежегодно охотятся, добывая 1,5—3 тыс. зверей. Ценится жир, составляющий до половины общего веса зверя, а также шкура. Очень своеобразно выглядит охота на этих зверей. Охотник по льду, прикрывая белым парусом себя и санки, подползает к спящему у отдушины животному на выстрел. Молодые нерпы — «куматканы» — иногда так крепко спят, что их можно поймать руками; напротив, взрослые самцы — очень осторожны.

Типична для баргузинской тайги фауна птиц заповедника.

Чаще всего в таежном поясе слышатся

голоса буроголовых гаичек, резкие крики поползней, мелодичные песни зорничек и зеленых пеночек, тихие, нежные голоса синехвосток. В некоторые годы бывают очень многочисленны клесты-еловики и белокрылые клесты, всегда много горластых кедровок, трехпалых дятлов, соек и кукушек.

В прибрежной полосе Байкала, куда ни глянь, видны белые трясогузки, постоянно слышны крики кулика-перевозчика, песни дубровника, чечевицы, белошапочной овсянки. В щелях береговых утесов гнездятся белопопые стрижи. На обломанных бурей вершинах лиственниц и кедров устраивают свои гнезда орланы-белохвосты.

На пролете бывает особенно много чирков-клоктунов, кряквы, шилохвости; тысячами пролетают гуси-гуменники, обычные лебеди-кликун. Однако в заповеднике гнездится не так уж много водоплавающих птиц; чаще других встречаются на гнездовье длинноклювый и большой крохаль, гоголь, чирки-свистунки, широконоска.

Кроме рябчиков, куриных в заповеднике немного. Каменного глухаря чаще можно встретить по склонам отрогов гор, сбегаящих к Байкалу в кедрово-сосновых и сосново-лиственничных лесах. В отличие от обыкновенного глухаря, он почти круглый год кормится на земле ягодами брусники, голубики и шикши. Во время пения этот глухарь очень осторожен и ни на минуту не становится глухим, что намного усложняет весеннюю охоту на него. Довольно редки в заповеднике белая и тундряная куропатки. Недалеко от современных границ заповедника обитает обыкновенный глухарь, дающий помеси с каменным. Гнездится по долинам рек немой перепел. Очень интересен случай нахождения в заповеднике пятнистой трехперстки.

В заповедной акватории, как и всюду в Байкале, известно около 50 видов рыб, среди которых, вероятно, самые примечательные — голомянки — эндемики Байкала. Оба вида этих небольших рыбок (до 20 см длиной) имеют голое без чешуи стеклянноподобное прозрачное тело, лишенное брюшных плавников. Напротив, грудные плавники голомянок очень длинные, достигающие почти половины длины тела. Голомянки не выносят теплой воды и живут большую часть времени на больших глубинах, где температура всегда 3—4°. Уже при 7—9° голомянки погибают от перегрева, почему и поднимаются к поверхности редко,

обычно ночью, а к берегам подходят только осенью. Плавательного пузыря у голомянок нет и в воде их поддерживает огромное количество жира, составляющего до 35% веса тела. Поэтому на сковороде голомянка почти нацело растапливается, но вкусный жир ее у местных жителей считается лечебным и действительно содержит много витаминов.

В Байкале обитает около 25 видов крайне разнообразных по внешности бычков. Славится Байкал омулем и сига́ми. Весной и летом омуль скапливается на мелководьях, где кормится бокоплавами и ручейниками. К середине лета огромные косяки омулей уходят от берегов и нагуливаются в верхних слоях воды в открытом море. Косяки половозрелого омуля в сентябре-октябре начинают входить в реки на икрометание. На каменисто-галечном дне, где течение не очень быстрое, самки откладывают 10—40 тыс. икринок и скатываются обратно в Байкал. Зимует омуль на глубине 150—300 м во многих районах, чаще недалеко от берегов. Икра развивается до апреля-мая, т. е. 180-200 дней и выклюнувшиеся мальки пассивно уносятся течением в Байкал. Омуль — исключительно ценная промысловая рыба, которую ежегодно добывают в размере 50—60 тыс. ц.

В реки заповедника в большом числе заходят черные хариусы, которые нерестятся здесь в мае. В предустьевые участки рек заходят также таймени и ленки. Крупные таймени, приходя в реки в июне, живут в них все лето и только на зимовку уходят в Байкал.

В прошлом Байкал славился замечательными сибирскими осетрами, которых добывали более 1000 ц в год. Крупные осетры достигают в Байкале 180 см длины и весят до 115 кг. Живут они в обширных мелководных заливах вблизи устьев крупных рек, куда заходят на нерест весной, перед вскрытием рек. В середине 40-х годов был введен запрет на лов осетров, и запасы их, подорванные в прошлом, постепенно начинают восстанавливаться.

В Байкале много плотвы (сороги), ельца, язя, которых вылавливают по 10—15 тыс. ц ежегодно. Водятся там также налим, голец, шиповка, голяны и др. В мелких озерах заповедника много карасей, крупных щук.

* * *

Баргузинскому заповеднику — старейшему государственному заповеднику нашей

страны — в 1966 г. исполнилось 50 лет. Еще в середине 20-х годов, т. е. через десять лет после создания заповедника, его организаторы и руководители З. В. Сватош и К. А. Забелин писали, что только благодаря существованию заповедника удалось сохранить соболя.

Заповедник не только сохранил этого ценнейшего пушного зверя, но и сыграл исключительно большую роль в его изучении, что и помогло восстановить его былую численность. Четыре тома трудов заповедника и ряд других периодических изданий содержат более ста научных статей, написанных на основании исследований, проведенных в нем.

Однако многое еще предстоит сделать этому замечательному научному учреждению. Почти не изучена гольцовая зона, очень мало сделано по фауне и экологии беспозвоночных, да и изучение экологии основных охотничьих видов требует напряженной ра-

боты. Более того, есть в заповеднике такие уголки, куда еще не ступала нога человека... Словом, заповедник еще даст очень много нового для познания природы чудесного Подлеморья и всего Байкальского края.

Приезжайте в заповедник. В глубине бухты Давша на древней байкальской террасе вас встретит ряд домиков — это поселок Давша — центральная усадьба заповедника. «Издали, с моря, кажется, будто, взявшись за руки, эти домики в дружном ряду тем и сильны, что сдерживают могучий напор тайги, стремящейся прижать их к Байкалу, — образно писал о них С. К. Устинов. — Тайга так близко подступает к домикам, что осенью, когда хватит с севера сильный ветер, слышно, как падают на крышу тяжелые кедровые шишки. Бурундуки — частые гости на ступеньках крыльца, а выйдя на закате к Байкалу, можно увидеть бредущего к поселку по берегу медведя...»

УДК 59006

Заметки, Наблюдения

ЛЯГУШКИ НАПАДАЮТ НА ПТИЦ

Озерная лягушка (*Rana ridibunda*) — самый крупный вид среди наших земноводных. Помимо беспозвоночных она поедает также мальков рыб, головастиков, взрослых лягушек других видов и нападает даже на землероек и мелких птиц. Чаше, по-видимому, ее жертвами среди птиц становятся камышовки, обитающие в тростниковых и береговых зарослях, а также пуховые птенцы различных водоплавающих птиц и куликов.

Однажды в дельте Волги я застрелил в ивовом кустарнике бормотушку, которая упала на землю и забилась в агонии. Не успел я еще сделать несколько шагов, как к ней быстро подпрыгнула крупная лягушка и, моментально схватив ее в пасть, начала заглатывать. Подобные случаи наблюдали и другие натуралисты (К. Ф. Кесслер, А. Н. Формозов, В. Г. Гептнер).

В августе 1958 г. зоолог Астраханского заповедника А. Е. Луговой наблюдал в дельте Волги нападение озерной лягушки на пухового птенца белощекой крачки. Кроме того, известны случаи нападе-

ния этой лягушки на малую мухоловку, ласточку-касатку, а также на птенцов малой поганки и пуховичка чибиса.

К. А. Воробьев
Доктор биологических наук
Москва



ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Территория Западной Сибири практически асейсмична, за исключением ее юго-восточной части, известной под названием Алтае-Саянской горной страны. О сейсмичности этой области до последнего времени в литературе можно было встретить лишь отрывочные сведения. В высокогорной ее части сейсмичность повышенная, и по закономерностям проявления землетрясений она сходна с другими подобными районами. А вот низкогорная окраина Алтае-Саянской области выделяется редкими, но необычайно большой силы землетрясениями. Особое внимание исследователей они обратили на себя лишь после февральского землетрясения в г. Камень-на-Оби.

15 февраля 1965 г. в районе г. Камень-на-Оби, в 200 км к юго-западу от Новосибирска, произошло землетрясение большой силы — в значительной степени неожиданное, даже для специалистов-сейсмологов. Эпицентр его оказался в непосредственной близости от города с 60-тысячным населением, что, естественно, усилило общественный резонанс события. По данным записей сейсмологических станций, изучению повреждений различных построек, свидетельству местных жителей, сила землетрясения в эпицентральной области равнялась в среднем 7 баллам (шкала 1952 г.), а на отдельных участках достигла 8 баллов. Толчки чувствовались на расстоянии примерно до 400 км от центра плейстосейстовой зоны. В Новосибирске и Барнауле их сила оценивается в 3—4 балла. В г. Камень-на-Оби от землетрясения существенно пострадали каменные постройки, в них образовались сквозные трещины, разрывы внутрикомнатных перегородок.

Землетрясение началось сильным подземным гулом, затем последовал мощный толчок, повторившийся с той же силой примерно через 1—2 мин. Анализ сейсмограмм показывает, что, вероятнее всего, главный толчок повлек за собой сравнительно слабый, с меньшей глубиной очага, афтершок, вызвавший в эпицентральной области значительный эффект. Отметим, что повторные толчки после землетрясения отмечались неоднократно, причем некоторые из них ощу-

щались в г. Камень-на-Оби с силой до 5—6 баллов. Положение в плане главного и более слабых толчков (предшествующих и последующих) варьирует в очень небольших пределах (рис. 1). Площадь распространения гула, предшествующего главному толчку землетрясения, составляла около 3000 км². Гулом сопровождались также все последующие афтершоки с энергией 10⁶—10⁷ дж и более (рис. 2).

Оживление сейсмической деятельности в районе Камня-на-Оби началось еще весной 1964 г. С марта по июль отмечено 8 толчков (форшоков), из которых наиболее сильный, до 5—6 баллов в эпицентре, был зарегистрирован 12 июля 1964 г. После этого наступила полоса временного «затишья», неожиданно прерванного землетрясением 15 февраля 1965 г.

Посмотрим, какими мы располагаем сведениями о ранее наблюдавшемся проявлении сейсмической активности в районах Новосибирской и Кемеровской областей и северо-западной части Алтайского края, т. е. территории, граничащей с горными сооружениями Алтая и Саян. Это в основном свидетельства местных жителей, собранные неспециалистами по прошествии значительного времени после землетрясений. Лишь по двум землетрясениям в Кузбассе (1898 и 1903 гг.) показания местных жителей собраны геологами (инструментальная сейсмология в то время только рождалась).

Изучение исторических материалов при-

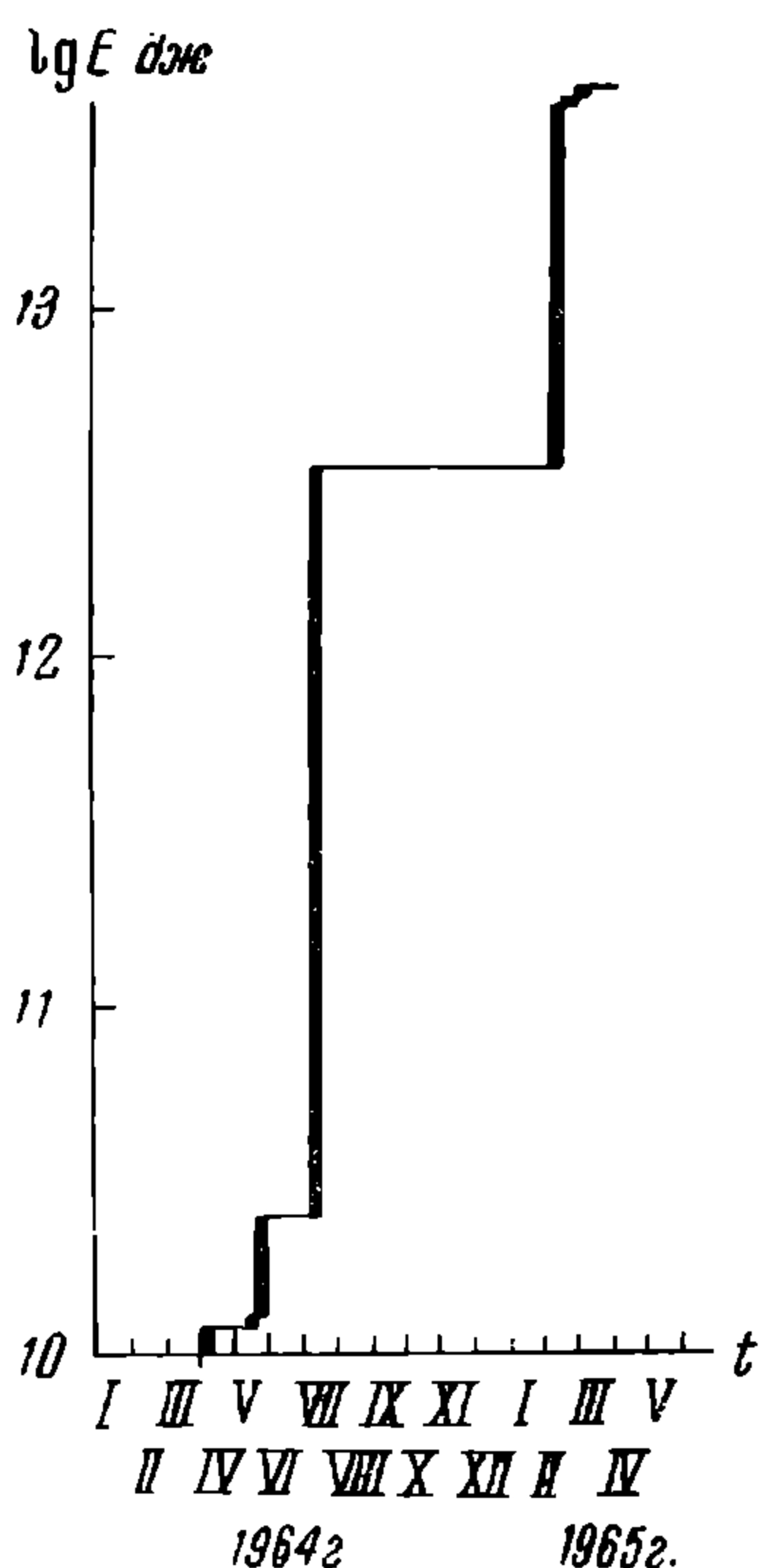


Рис. 1. График высвобождения сейсмической энергии [Каменского землетрясения в течение года. На оси ординат отложена величина сейсмической энергии (в джоулях)

Первые достоверные сведения о землетрясениях относятся к середине XVIII столетия, когда здесь возникли русские поселения и начала развиваться горно-рудная промышленность. Сильных толчков (выше 4 баллов) до начала XIX столетия не отмечалось. 19 ноября 1829 г., по-видимому, произошло первое крупное землетрясение. Наиболее отчетливо оно наблюдалось на Сузунском заводе, к северо-западу от Барнаула. Здесь, как видно из донесения, «...многие казенные и частные строения были повреждены, мебель и посуда поломаны». Отмечается, что землетрясение сопровождалось сильным шумом, в тот же день вслед за главным толчком ощущалось восемь заметных ударов. В Барнауле оно началось сильным ударом, напоминающим раскаты грома, после чего заколебалась земля (это продолжалось около 3 мин.). Однако никакого вреда не было причинено. По этим скудным данным трудно сделать заключение о силе землетрясения. Можно только предполагать, что вблизи эпицентра оно достигало не менее 6 баллов.

вело сейсмологов к заключению, что максимальная сила толчков в пределах Кузбасса, северо-западной части Алтайского края и юга Западно-Сибирской низменности, по-видимому, не должна превышать 6 баллов. (Это было отражено и на изданной карте сейсмической активности данного района, показанной на рис. 3.) Многие считали эту оценку завышенной. Вот почему землетрясение в 7 баллов было воспринято, как нечто неожиданное.

К 1881 г. относится сведение о толчке в районе Аламбая (см. рис. 3) на Салаире. Он сопровождался гулом, похожим на отдаленный гром. В результате этих колебаний падали со стен иконы, отворялись двери, бренчала посуда. Возможная сила землетрясения — 5 баллов.

В начале 1882 г. произошло землетрясение в районе Бердска, расположенного в 40 км от Новосибирска вверх по Оби. По рассказам населения, землетрясению предшествовал подземный гул. От колебаний почвы в некоторых домах падали иконы, были повреждены трубы и печи. Лед под зимовавшими баржами раскололся и они погрузились в воду глубже обычного. Есть указания, что в этой же местности несколькими месяцами раньше отмечался толчок. По-видимому, Бердское землетрясение имело силу около 6 баллов или даже несколько больше.

В 1914 г. толчок силой до 6 баллов ощущался примерно в 40 км к востоку и северу от Камня-на-Оби. Как и при других земле-

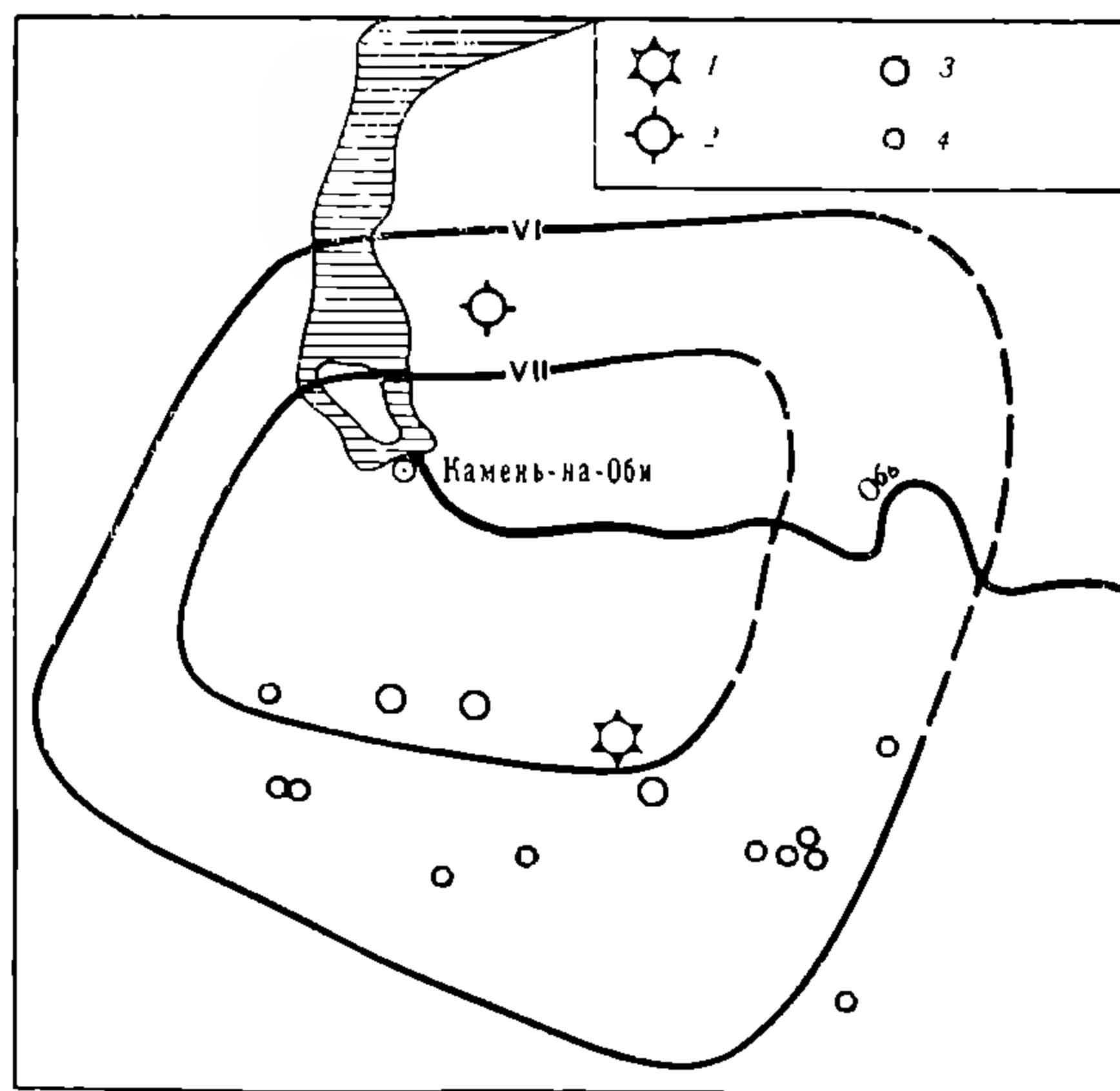


Рис. 2. Карта изосейст (в 7—6 баллов) Каменского землетрясения 15 февраля 1965 г. В северо-восточной части рисунка они устанавливаются менее уверенно и поэтому изображены пунктиром. Изосейсты несколько вытянуты в направлении с юго-запада на северо-восток. Однако одновременно отмечается некоторая тенденция к вытянутости с северо-запада на юго-восток. Глубина залегания очага может приблизительно оцениваться в 15—20 км. Энергия землетрясения: 10^{13} дж (1), 10^{12} дж (2), 10^{11} дж (3), 10^{10} — 10^9 дж (4)

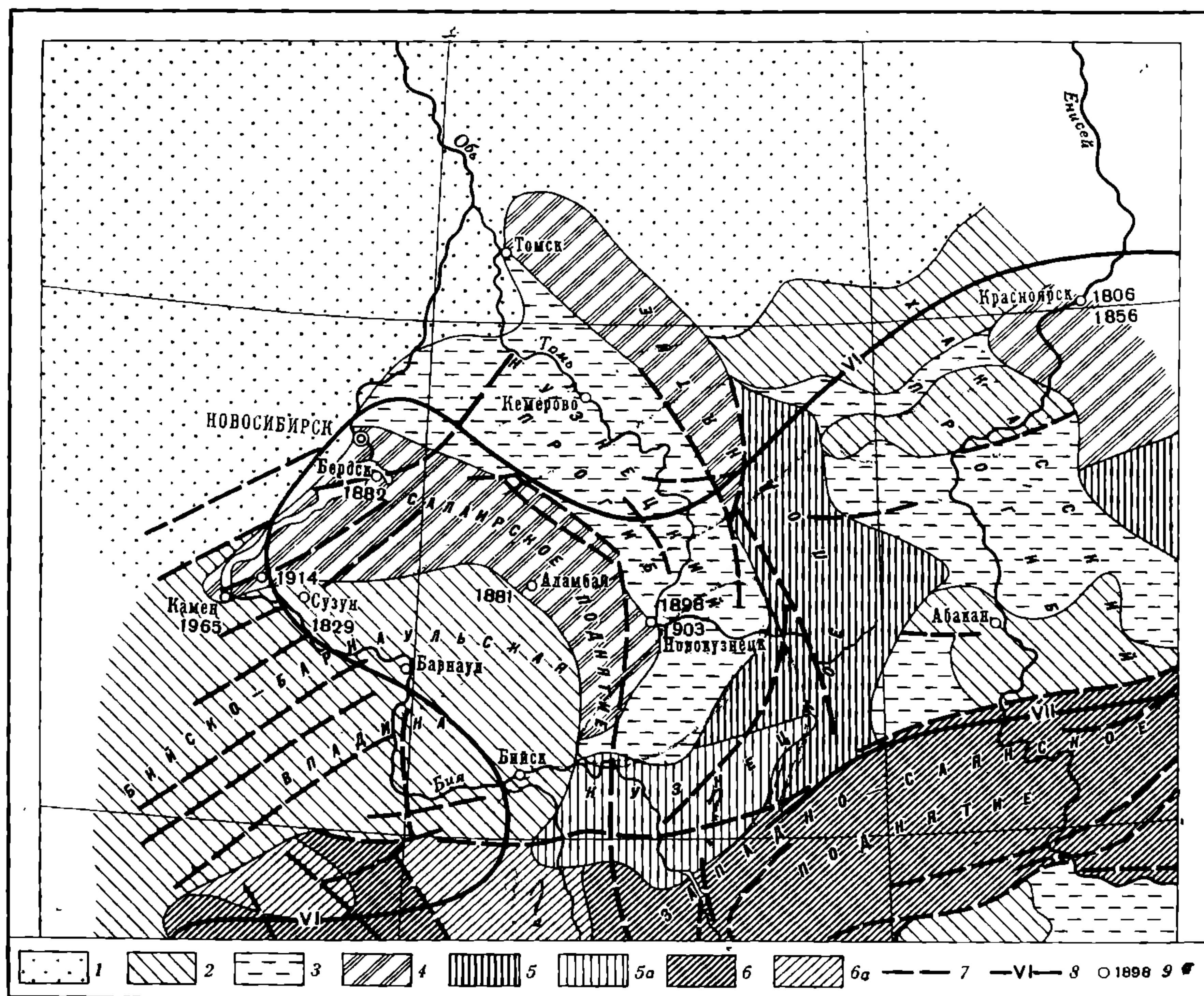


Рис. 3. Схема новейшей тектоники и землетрясений северной части Алтае-Саянской области. Юго-восточная окраина Западно-Сибирской плиты (1), межгорные впадины (2), прогибы (3), поднятия с амплитудой воздымания 200—1000 м (4), поднятия с амплитудой воздымания до 1000—2000 м (5), развитые на них прогибы (5а), поднятия с амплитудой воздымания до 2000—3000 м (6), развитые на них прогибы (6а), разломы (7), изосейсты сейсмического районирования действующей нормативной карты (8), год проявления землетрясения (9)

трясениях, здесь также отмечался подземный гул, значительные колебания построек, падение предметов и т. д.

Заслуживают внимания два землетрясения, 1898 и 1903 гг., эпицентры которых располагались в непосредственной близости от г. Кузнецка. Очевидцы первого из них отмечают, что оно предварялось слабыми толчками. Основной толчок сопровождался страшным треском, затем обрушился каменный фронт одного из магазинов и развалилось несколько труб. Почти все каменные дома дали трещины. Это землетрясение ощущалось в Томске, Минусинске, Бийске, Бар-

науле, Новосибирске (Новониколаевске) и других пунктах.

Второе Кузнецкое землетрясение (1903 г.) подробно было исследовано геологом Г. В. Левицким. На составленной им карте изосейсты имеют изометрическую форму. Близ эпицентра сила толчка, по современной шкале, оценивается в 7 баллов. Такая же оценка дается и первому землетрясению (некоторые ученые считают, что 7-балльный эффект наблюдался лишь на очень ограниченной площади и связан с местными грунтовыми условиями).

Из крупных землетрясений на террито-

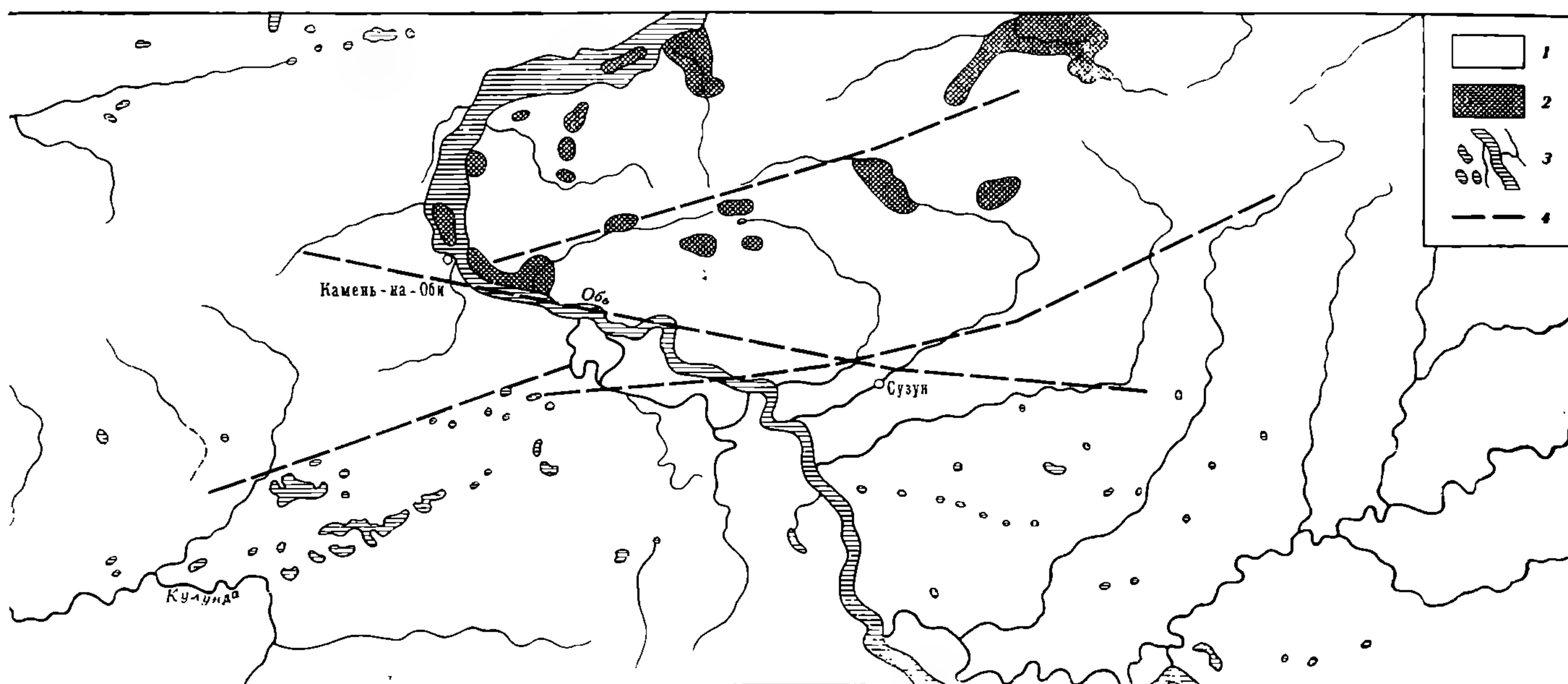


Рис. 4. Среди четвертичных отложений (1) расположены выходы палеозойских пород (2). Озера, реки и речки (3). Изгибы рек обусловлены разломами (4).

рии, примыкающей с востока и северо-востока к рассмотренному нами району, следует отметить подземные толчки в районах Красноярска и Минусинска. Сведения, которыми мы располагаем, показывают, что наиболее значительным было, видимо, Красноярское землетрясение 1806 г. Оно продолжалось 4 мин. и вызвало разлив Енисея. «За сильной грозой следовало второе землетрясение, которое разрушило много зданий». Отмечается, что гора, находившаяся в 12 верстах от Красноярска, уступила место озеру в 300 футов окружностью и 480 футов глубиной. «Поля покрылись вулканическим пеплом»¹.

Толчки в районе Красноярска силой, по видимому, 5—6 баллов наблюдались в 1858 г.

Таким образом, на территории Западной Сибири, примыкающей с севера и северо-запада к горным образованиям Алтая и Саян, в последние примерно 150 лет отмечался ряд достаточно сильных землетрясений.

Алтае-Саянская область сложна и разнообразна по своему геологическому строению

¹ Эти данные об образовании озера и появлении вулканического пепла воспринимаются как сомнительные, хотя бы потому, что следов новейшей вулканической деятельности вблизи Красноярска не наблюдается.

и развитию. Разнообразные осадочные, вулканические, метаморфические горные породы докембрия и палеозоя, пронизанные интрузиями гранитов и гранитоподобных пород, сложены в системы складок и разбиты многочисленными разломами. Есть и крупнейшие глубинные разломы, существовавшие в течение длительного времени и прослеживающиеся на сотни и тысячи километров. Эти разломы разделяли различные по истории развития в палеозое зоны, одни из которых утратили свою подвижность еще в начале палеозойской эры, а другие — в конце.

Мезозойская эра в Алтае-Саянской области явилась временем относительного тектонического затишья, изредка нарушаемого поднятиями небольшой амплитуды, в результате которых возникали низкие горы, наподобие современного Казахского мелкосопочника. К концу мезозоя на месте гор сформировалась равнина, сходная с современными равнинами Прибалхашья и Бет-Пак-Далы.

В конце палеогена началось плавное сводовое воздымание в районе Алтая и Восточного Саяна. В неогене поднятие охватило уже почти всю область. Оно было неравномерным и привело к образованию прогибов, поднятий и впадин, к оживлению

старых и возникновению новых разломов. Движения четвертичного времени еще более усилили контрастность прогибов и поднятий, а процессы разрушения придали им современный вид горных хребтов, долин, межгорных котловин.

Новейшие поднятия неодинаковы как по своей амплитуде, так и по контрастности. В южной части Советского Алтая они образовали хребты с высотами до 4 км и относительными превышениями около 1,5—2 км, в северной — невысокие пологие увалы и кряжи с относительными высотами в десятки и сотни метров.

Зависимость частоты и силы землетрясений от геологической обстановки весьма сложна. Однако уже давно было замечено, что наиболее частые и сильные землетрясения наблюдаются в высокогорных районах, т. е. в районах больших по амплитуде и контрастных новейших поднятий. Поэтому вполне естественной представлялась относительно высокая сейсмичность высокогорной части Алтае-Саянской области, а случаи сравнительно сильных землетрясений в пределах Приобья, в Кузнецкой и Минусинской котловинах рассматривались как аномальные. Неадекватность данных о большинстве этих землетрясений, их редкость, специфика грунтовых условий в местах их проявления породили настолько сильную иллюзию об очень слабой сейсмичности низкогорных окраин Алтае-Саянской области, что даже отчетливые следы недавних и современных движений, например в районе Сузуна и Камня-на-Оби, были оставлены без должного внимания. Февральское землетрясение 1965 г. в г. Камень-на-Оби не только пробудило интерес к редким и столь «необычным» землетрясениям прошлого предгорий и низкогорной части Западной Сибири, но и заставило по-новому взглянуть на высокую современную тектоническую подвижность в районах этих землетрясений. Выяснилось, что эпицентры Сузунского землетрясения

1828 г., землетрясений 1914 и 1965 гг. тяготеют к системе разломов, один из которых, очевидно существовавший в палеозое, простирается широтно и относится к категории глубинных, а ряд других составляют как бы его «оперение». Они ориентированы в северо-восточном направлении. Геологически недавние и современные движения по этим разломам обусловили резкие изгибы долины Оби, появление выходов древних пород к северу от широты г. Камня-на-Оби и глубокое погружение их — к югу, узкую и прямую долину Оби севернее Камня, широкую, заболоченную, с многочисленными старицами, меандрами и протоками — южнее него. Перемещениями по оперяющим разломам вызваны закономерные дугообразные изгибы р. Сузун и других рек и логов (рис. 4).

Характерно, что эпицентр каждого последующего землетрясения Каменского Приобья располагается западнее предыдущего, что, вероятно, указывает на продолжающееся развитие широтного (Каменского) разлома, «вспарывание» им все новых участков земной коры.

Недостаточно ясна связь с современной тектоникой Кузнецких землетрясений, однако и здесь в настоящее время известен молодой разлом, а анализ речной сети позволяет предполагать в районе Новокузнецка еще не обнаруженные разрывные нарушения. Есть основания связывать Бердское землетрясение с известными молодыми разломами.

Западносибирские землетрясения — не только бесспорное свидетельство ныне происходящих тектонических подвижек, они доказывают возможность достаточно высокой сейсмичности в районах слабодифференцированных, малоамплитудных новейших движений земной коры.

Н. Д. Жалковский, Ф. С. Моисеенко
Кандидат геолого-минералогических наук
Новосибирск

УДК 550.34

Подписка на естественнонаучный популярный журнал

«ПРИРОДА»

на 1966 год продолжается

СЕВАСТОПОЛЬ — ГАВАНА

ТВОРЧЕСКОЕ СОДРУЖЕСТВО СОВЕТСКИХ И КУБИНСКИХ УЧЕНЫХ

Год назад в окружающих остров Свободы морских просторах появилось небольшое хорошо оборудованное судно «Академик А. Ковалевский», принадлежащее Институту биологии южных морей Академии наук УССР. Более года оно бороздило воды Карибского моря, Мексиканского залива, Юкатанского и Флоридского проливов, старого Богамского канала, пройдя более 30 тыс. миль.

Севастопольская биологическая станция, преобразованная два года назад в Институт биологии южных морей АН УССР, возникла еще в 1871 г. по инициативе замечательного русского исследователя и путешественника Николая Миклухо-Маклая. Ее деятельность связана с именами таких крупных ученых нашей страны, как академики А. Ковалевский, Н. Насонов, С. Зернов, Н. Андрусов. Вот уже 95 лет биологи Севастополя исследуют растительный и животный мир Черного моря, а также особенности его гидрологического и гидрохимического режима.

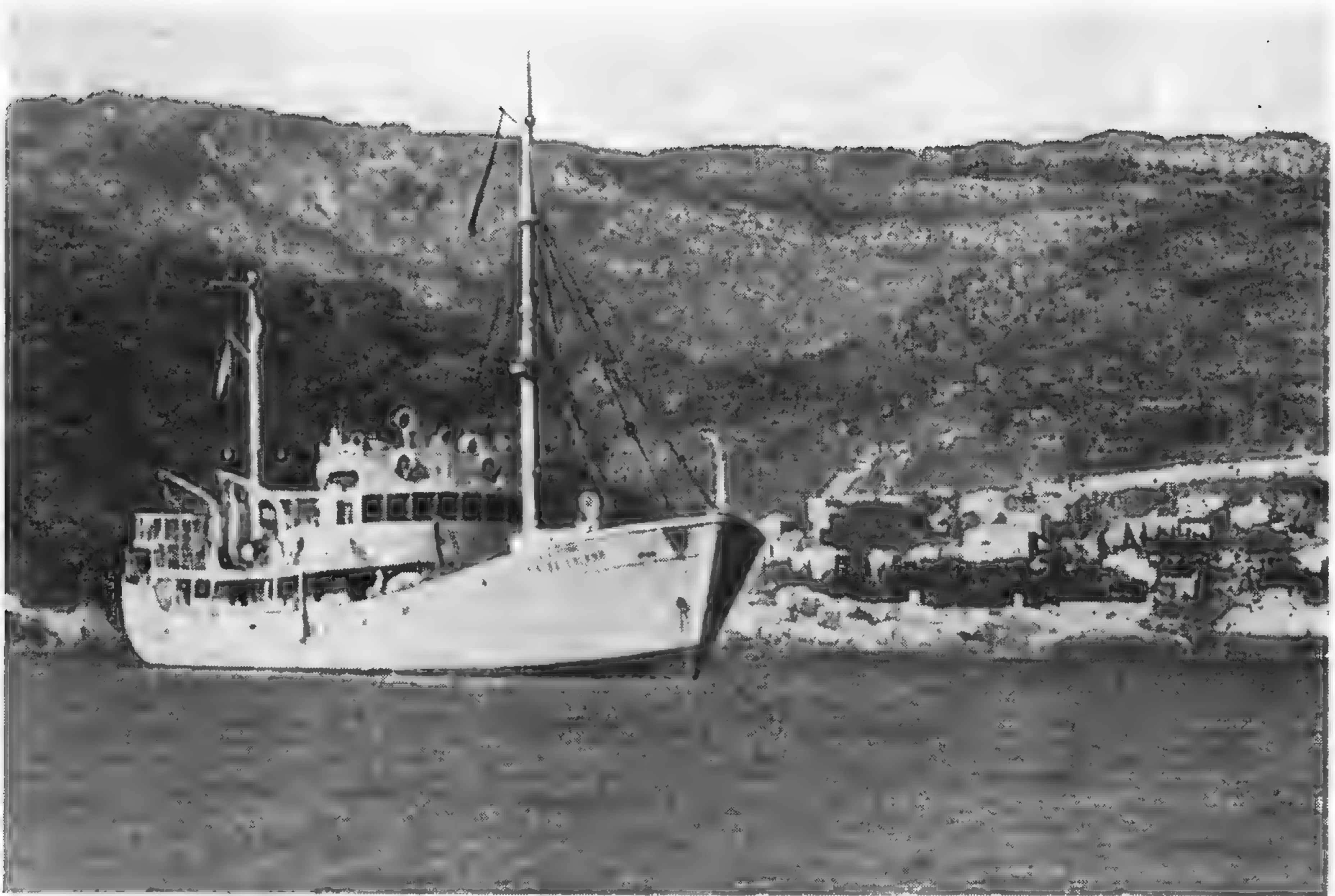
На научно-исследовательском судне «Академик А. Ковалевский» — пять лабораторий и все необходимое для работы 15 научных сотрудников. Кроме исследовательских работ в Черном море, «Академик А. Ковалевский» совершил несколько рейсов в Средиземное и Красное моря. И когда революционное правительство Кубы поставило вопрос о развитии рыбного промысла и для этого потребовалась братская помощь советских ученых в комплексных морских исследованиях, естественно было использовать опыт старейшего нашего морского научного учреждения.

Из Севастополя на судне «Академик А. Ковалевский» отправилась на Кубу экспедиция. В районе Гаваны действовала еще так называемая береговая группа экспедиции. Помимо «А. Ковалевского» работы вели кубинские экспедиционные суда «Ксифиас» и «Дельфин». Ими проводились гидробиологические, биологические и геологические ис-

следования. Были составлены точные карты рельефа дна, морских осадков, течений, велись физиологические исследования промысловых рыб и животных. В результате получен новый, в большинстве своем уникальный материал, который станет достоянием Академии наук Кубы. Перелистывая страницы отчета экспедиции, приходишь к убеждению, что осуществить такой огромный объем работы можно только за счет крайнего напряжения сил. В действительности так оно и было. Очень часто проводились круглосуточные вахты. Каждым советским ученым отработано лишь за полугодие от 200 до 700 сверхурочных часов. Не приходится удивляться тому, что береговая группа экспедиции за самоотверженный труд зачислена полным составом в Красный батальон Академии наук республики Кубы¹. Печать Кубы отметила, что результаты работы экспедиции займут особое место в истории кубинской науки.

С достаточной полнотой разработана гидрологическая характеристика Карибского моря и Мексиканского залива, получено представление о рельефе их дна и составлена батиметрическая карта. Собраны интересные данные по гидрохимии, определяющие динамику вод в этой зоне Мирового океана. Океанографические исследования позволили добыть много ценных и доселе неизвестных данных о системе течений в Кариб-

¹ Красный батальон — это добровольное объединение ударников труда, отработавших в пользу Республики Кубы во внеурочное время установленное количество часов.



Научно-исследовательское судно «Академик А. Ковалевский» у берегов Кубы

ском море, Мексиканском заливе и других прикубинских водах.

Микробиологические исследования фактически проводились здесь впервые. Удалось дать сравнительную характеристику вертикального и горизонтального распространения микроорганизмов в различных морских районах, окружающих Кубу. Установлено, что количество фитопланктона в прибрежных водах гораздо выше, чем в открытых. В прибрежных водах Мексики обнаружены значительные суточные колебания численности зоопланктона, которые определяются вертикальной миграцией и периодическим горизонтальным перемещением за сутки вместе с водными массами разной солености.

Довольно подробно исследована калорийность планктона в Мексиканском заливе, что определяет его кормовую ценность для промысловых рыб. Большое внимание было уделено изучению планктона на больших глубинах. Это дает возможность составить детальную характеристику дина-

мики численности и биомассы фито- и зоопланктона во времени и в географическом аспекте.

До сих пор в прикубинских водах не изучалась закономерность размножения рыб. Однако надо знать в каких районах и когда происходит нерест, каковы экологические особенности массовых форм ихтиопланктона, что за причины резких колебаний численности рыб. Важным подспорьем в этой работе был атлас личинок рыб прикубинских вод, подготовленный кубинским художником Родольфо Мигаэль под руководством сотрудника Института Т. В. Дехник. Он включает в себя 50 таблиц и 155 рисунков.

Большой объем работы выполнен экспедицией по обрастаниям кораблей и подводных гидротехнических сооружений у берегов Кубы. При активном участии украинского микробиолога Ю. А. Горбенко организован при Академии наук Кубы департамент по изучению обрастания с тремя лабораториями.

Промысел крабов, устриц, черепах и гу-

бок занимает в народном хозяйстве Кубы видное место. Поэтому по просьбе кубинских друзей экспедиция провела экспериментальные исследования физиологии этих видов беспозвоночных животных. До сих пор подобные исследования здесь не проводились. А такие вопросы, как количественные закономерности питания и баланса энергии этих животных по данному морскому району вообще отсутствуют в мировой научной литературе. Советско-кубинская экспедиция восполнила этот пробел. Получены ценные физиологические данные для более рационального ведения этого хозяйства. Часть разработок по физиологии беспозвоночных уже используется при выборе новых мест расселения крабов и устриц, увеличения запасов, а впоследствии будут применены при искусственном их разведении.

Новым для советских ученых было изучение биологии и промысловых запасов морских черепах в прикубинских водах.

Значительный интерес кубинцев вы-

звали проведенные советскими учеными научные исследования по радиоэкологии. Новое направление биологии — изучение взаимодействий между живыми организмами и радиоактивной средой. Исследуется роль живых организмов в миграции радиоактивных веществ в природных условиях, а также действие низких уровней радиоактивности на жизнедеятельность и продуктивность этих организмов. Таким образом, создаются научные основы для разработки практических рекомендаций по радиационной безопасности человека и живой природы.

Для рыбного промысла Кубы, в связи с близким соседством мощной ядерной державы, стоит особая задача; определить радиоактивную загрязненность морских промысловых ресурсов, а также оценить возможную опасность употребления их в пищу населением, в особенности при авариях атомных реакторов, захоронении в море реакторных отходов и в условиях ядерной войны. Неудивительно, что радиоэкологическим исследованиям в прикубинских водах руководство



Подготовка к «добыче» планктона

Института биологии южных морей придавало исключительное значение.

Эти исследования, проведенные за сравнительно короткое время радиоэкологами Г. Г. Поликарповым и Ю. П. Зайцевым, дали ощутимые результаты. Например, при изучении восьми видов водорослей была показана их способность накапливать цезия-144 в сотни тысяч раз больше, чем его содержится в морской воде. Это имеет прямое касательство к воспроизводству рыбных запасов в данном районе океана. Недаром проведенные работы привлекли особое внимание кубинских научных кругов и, в частности, президента Академии наук Кубы А. Нуньеса Хименеса. В июле нынешнего года он подписал приказ об организации при Академии департамента радиоэкологии. И что интересно, проект оборудования двухэтажного особняка этого департамента был разработан ученым Г. Г. Поликарповым.

Советско-кубинская экспедиция явилась не только важным научно-исследовательским центром на Кубе, но и своеобразным университетом для научных кадров. Кроме передачи опыта океанографических иссле-

дований при совместной работе, украинские ученые читали кубинцам лекции, проводили с ними практические занятия. При активном участии советских ученых при Академии наук Кубинской Республики создан Институт океанологии. В ближайшем будущем он станет крупнейшим центром океанологических и микробиологических исследований всей Латинской Америки. Первые его шаги — это проведение двух научных конференций, посвященных итогам работы советско-кубинской экспедиции. На конференциях прочитано 40 докладов.

Как отмечает директор Института биологии южных морей В. А. Водяницкий, успеху экспедиции во многом способствовал экипаж научно-исследовательского судна «Академик А. Ковалевский». У него, как и у всех научных работников экспедиции, была единая цель: полностью и в срок выполнить обширную программу исследований. И такая цель была достигнута общими усилиями советских и кубинских друзей.

Н. П. Болгаров
Севастополь

УДК 327.33

В ЛЕСАХ МОНГОЛИИ

Лесное хозяйство имеет исключительно большое значение в экономике Монгольской Народной Республики. Леса занимают 9,6 % всей площади страны; из них на долю лиственницы сибирской падает 70 %, а 30 % занято сибирским кедром, сосной обыкновенной, березой, топодем, вязом приземистым и другими породами. Всего в Монголии известно 155—160 видов деревьев и кустарников.

Лесные богатства Монголии оцениваются более чем в 900 млн. м³ древесины. До 1959 г. леса ее фактически не использовались, и лесоматериалы для крупных государственных строек в основном ввозились из Советского Союза и Китайской Народной Республики. Поэтому у многих сложилось неправильное представление о Монголии как о стране безлесной.

Народно-революционная партия и пра-

вительство МНР решили поставить в кратчайший срок лесные богатства на службу народу, государству. Уже в 1962 г. в стране было заготовлено несколько сот тысяч кубометров технической древесины для промышленных, сельскохозяйственных строек и Сухебааторской бумажной фабрики. Стало даже возможно экспортировать особенно ценную древесину, например кедр.

По государственному плану монгольская лесная промышленность будет и дальше развиваться быстрыми темпами. В связи с этим значительно расширяется леспромхоз в бассейне р. Иро и создается новый крупный леспромхоз в бассейне многоводной р. Селенги.

Основные лесные массивы находятся в северной части Монголии, главным образом в горных системах Хангая и Хэнтэя. Крайняя южная линия лесной полосы проходит че-



Зимний ландшафт северо-восточного Хангая

рез обширный государственный заповедник Богдо - Ула, расположенный на одном из крайних хребтов Хэнтэя, южнее г. Улан-Батора. Монгольские леса отличаются тем, что произрастают на высоте от 1300 до 2000 м над ур. м. и выше в виде полос и отдельных лиственничных и лиственнично-кедровых массивов по северным и западным склонам хребтов.

Лесные полосы и колки в плане носят мозаичный характер и непосредственно вступают в контакт со степью; растут они нередко на очень тонком почвенном покрове, среди рассеянных или нагроможденных обломков горных пород и выступов скал. Уременный лес произрастает по долинам северных рек и глубоким впадинам южной и юго-западной половины от центральной линии хребта Монгольского Алтая (Булган, Улястай, Уенчи). В юго-восточной части страны, южнее пос. Дариганга, среди пустынь и полупустынь на бугристых песках произрастает вяз, который распространен также и в северной зоне Монголии. Это засухоустойчивое и очень ценное формовочное декоративное растение. Лес в Монголии имеет неопределимое водоохранное значение.

При гибели леса вследствие пожара, нерациональной вырубki или повреждений вредными насекомыми, в условиях резкого континентального климата, недостаточного увлажнения, а также большого дренажа, возобновление леса идет с большим трудом. За период с 1961 по 1964 г. нам приходилось встречать участки, на которых 15—30 лет тому назад уничтоженный лес почти не возобновился. Особенно это наблюдается там, где во время пожара или после вырубki чрезмерным выпасом скота была уничтожена лесная подстилка, и вследствие этого обнажилась кристаллическая горная порода, высох рухляк и в нем затухли зоологические и микробиологические процессы.

Специфические условия произрастания леса в Монголии требуют изыскания методов быстрейшего его возобновления в местных условиях. В связи с этим имеет значение обобщение местного опыта по эксплуатации и охране леса, изучению новых способов использования лесных богатств и выращивания леса на научных основах. В решении этих вопросов Монгольской Народной Республике оказывают помощь специалисты Научно-исследовательского института



Летний ландшафт северо-восточного Хэнтэя

земледелия и растениеводства Академии наук МНР и Ботанического сада. Особенно плодотворно в этом отношении традиционное сотрудничество между монгольскими и советскими специалистами по лесоводству и лесоохране.

Для возобновления вырубленных лесных массивов, а также посадки лесов сельскохозяйственного и водоохранного значения, озеленения усадеб госхозов, станций и городов стоит неотложная задача — организация лесопитомников.

Возобновление хвойного леса. Нагорья хребта Хэнтэй



Пионером по посадке леса агрономического значения в Восточной Монгольской равнине является Халхинголская опытная станция, где для посадки ветрозащитных лесных полос используется тополь и желтая акация. Хотя лесополосы опытной станции еще молоды (4—6 лет), но уже сейчас они защищают почву от ветровой эрозии, а плодовый сад и сельскохозяйственные растения — от воздействия сильных ветров. Почти в каждом хозяйстве Монгольской Народной Республики, даже в южных, более сухих районах страны, встречаются посаженные деревья или кустарники.

Прекрасно растут лесонасаждения хозяйственного и декоративного значения на Шамаринской плодово-ягодной опытной станции Селенгинского аймака. Монгольское население проявляет очень большой интерес к лесонасаждениям. Лесопосадки стали появляться одна за другой в виде оазисов, там, где их никогда не было. Благоприятны условия для роста тополя и других пород деревьев по долинам рек и сырым впадинам, особенно на юге, где очень много тепла и света.

Для озеленения городов и населенных пунктов используются, в зависимости от почвенно-климатических условий местности, лиственница сибирская, различные виды тополей, береза, вяз приземистый, дикая яблоня, черемуха, ива, желтая акация, роза и др. Намечена также интродукция большого ассортимента наиболее ценных древесных и кустарниковых пород, пока отсутствующих во флоре МНР.

В Монголии буквально все виды деревьев и кустарников повреждаются различными вредителями. Основной видовой состав вредных насекомых почти тот же, что и в лесах Средней Сибири, и в частности Южного Забайкалья. Большую работу по изучению санитарного состояния лесов и главных видов вредных насекомых лесов Монголии провела советская Комплексная экспедиция «Леспроката». Из вредных насекомых широко распространен сибирский шелкопряд (*Dendrolimus sibiricus* Tschr.) от оз. Хубсугула на юг, в сторону Хангая, и на восток до Хэнтэя. Здесь сибирский шелкопряд, так же как и в южном Забайкалье, имеет двухгодичный жизненный цикл развития и массовый лет бабочек в нечетные годы (в четные годы бабочки шелкопряда летают очень редко). Размеры очагов сибирского шелкопряда от 5—15 до 1000 га; при

массовом размножении он охватывает площади до 50 тыс. га и более. В результате объедания гусеницами хвои у лиственницы снижается или совсем прекращается прирост древесины, а при сильном и повторном объедании деревья ослабляются и даже усыхают. На обесхвоенные и ослабленные деревья лиственницы обычно нападает широко распространенный лиственничный короед (*Ips sublongatus* Molch). Таким образом, лесное хозяйство МНР от одного только сибирского шелкопряда несет большие потери.

Так как сибирский шелкопряд в годы массового размножения охватывает большие территории, то авиахимическая борьба с ним в Монголии проводится в первую очередь там, где лес имеет промышленное и водохозяйственное значение, а также в зеленых зонах городов и населенных пунктов. Авиахимическая борьба дает наибольший технико-экономический эффект, если она проводится сразу же после выхода гусениц из яиц.

В горных лесах для борьбы против сибирского шелкопряда монгольские специалисты намечают бактериальный препарат дендробациллин, изобретенный проф. Е. В. Талалаевым (Иркутский университет). Кроме того, известно много видов яйцеедов, паразитирующих на различных фазах развития сибирского шелкопряда. Поэтому

Шамаринская опытная плодоягодная станция
Селенгинского аймака



Горные склоны к долине реки Хара, покрытые молодым хвойным лесом. Госхоз Батсумбэр Центрального аймака

признано целесообразным практиковать перенос кладок яиц и других фаз шелкопряда, зараженных паразитическими насекомыми, из старых очагов в новые, где полезных насекомых еще нет и вредитель беспрепятственно увеличивается в численности.

В связи с бурными стройками в стране нередко в большом количестве перевозятся необработанные лесоматериалы, вместе с которыми распространяются и многие опасные вредители. Такие лесоматериалы сильно поражаются блестящегрудым еловым усачом (*Tetropium castaneum* L.), продолговатым короедом, короедом-типографом, березовыми златками и т. д. При наличии большой пространственной изоляции в стране новые лесонасаждения в городах и населенных пунктах, а также на опытных станциях вполне можно оградить от проникновения вредных насекомых из диких древеснокустарниковых зарослей.

В городах Монголии проводится разъяснительная работа по охране зеленых насаждений. Нередко на страницах газет появляются сообщения на эту тему, используется радио. Этому вопросу уделяется внимание в школах и в специальных учебных заведениях. К охране лесов и лесонасаждений привлекается вся общественность Монгольской Народной Республики.

Б. Г. Шуровенков

Великолукский сельскохозяйственный техникум
УДК 634.9

АРХЕОЛОГИЯ СПОРИТ С ФИЗИКОЙ

СПОР О ДОСТОВЕРНОСТИ И ТОЧНОСТИ РАДИОУГЛЕРОДНОЙ ХРОНОЛОГИИ

Л. С. Клейн

Ленинградский государственный университет им. А. А. Жданова

Цветущая роза — мертва? * Чудо в Гейдельберге * Цена даты * А может быть временное переселение на Марс? * Морской воздух... старит * Письменность... в каменном веке

АРХЕОЛОГИЯ ИДЕТ В НАСТУПЛЕНИЕ

Первым из археологов против радиоуглеродного метода открыто выступил Владимир Милойчич — тот самый, который разрабатывал строгие критерии построения «короткой» хронологии. Милойчич не только обрушился на практическое применение углеродных датировок в археологии, но и, вторгшись в чуждую область науки, подверг жестокой критике сами теоретические предпосылки физического метода. В какой-то степени им руководило чувство ревности; его легко понять: весь смысл многолетнего труда Милойчича заключается в разработке метода сравнительной хронологизации культур разных территорий и в построении с помощью этого метода обширной схемы европейской хронологии эпохи неолита и бронзового века. Милойчич положил немало усилий на это и добился значительных — это общепризнано — успехов на своем пути.

И вот являются исследователи, которые, хотя и не зачеркивают прямо всего, что сделано Милойчичем и его коллегами, все же открыто заявляют, что теперь те же результаты и даже более точные достигаются проще, экономнее и быстрее — механическим путем, в лабораториях физиков. Что хотя заслуги создателей схем археологической

хронологии и неоспоримы, но вроде бы и не так уж нужны для прогресса науки: стоило немного подождать и нужные результаты были бы получены без такой колоссальной затраты ума, времени и творческих сил ученых — простыми лабораторными анализами. Что в перспективе во всяком случае предстоит перевод многих исследовательских операций из разряда кабинетных исследований в разряд лабораторных работ, и что рациональнее было бы, предвидя это, перераспределить усилия по исследовательским проблемам в соответствии с тем, как будут эти проблемы решаться в недалеком будущем. Что в наши дни заниматься многими из этих проблем — все равно что выходить в дальний путь с тяжелым чемоданом, хотя через полчаса в ту же сторону отходит автобус. Что тех, кто это понял слишком поздно, можно только от души пожалеть как авторов остроумного, но неконкурентоспособного изобретения...

И Милойчич выступил с открытым забралом. Ему ответили физики — разгорелась дискуссия. К сожалению, Милойчич оказался недостаточно подготовленным к ревизии нового метода — и физики это использовали.

Значительную часть своего критического запала Милойчич потратил на критику предпосылки о равномерном распределении C^{14} в органическом мире. Удельная радиоактивность современного углерода — 15,3 распа-

Окончание. Начало см. «Природа», 1966, № 2.

да в минуту на грамм — определена Либби теоретически, а на практике получено 14,7 как средняя из ряда измерений. Индивидуальные же измерения дают очень различные величины — от 12 до 17 распадов на грамм в минуту. Но каждое отклонение в 0,1 распада означает в пересчете на годы отклонение в 60 лет, в 1 распад — 600 лет, расхождение в 5 распадов — означает расхождение в 3000 лет!

И далее, сопоставляя индивидуальные измерения современных образцов со средней цифрой — эталоном, Милойчич обосновывает свой скепсис серией блестящих парадоксов. Раковина живущего ныне американского моллюска с радиоактивностью 13,3, если сравнить ее со средней цифрой как абсолютной нормой (15,3), оказывается уже сегодня (переводя на годы) в солидном возрасте — ей около 1200 лет! Цветущая дикая роза из Северной Африки (радиоактивность 14,7) для физиков «мертва» уже 360 лет (ведь ее радиоактивность меньше положенной на 0,6 распада), а австралийский эвкалипт, чья радиоактивность 16,31 для них еще «не существует» — он только будет существовать через 600 лет. Раковина из Флориды, у которой зафиксировано 17,4 распада в минуту на грамм углерода, «возникнет» лишь через 1080 лет...

Но так как и в прошлом радиоактивность не была распределена равномернее, чем сейчас, то аналогичные колебания и ошибки следует признать возможными и для датировки древних объектов. И вот вам наглядные факты: радиоуглеродная датировка в Гейдельберге образца от средневекового алтаря работы Вита Ствоша (Фейта Штосса) показала, что дерево, употребленное для починки алтаря, еще вовсе не росло! (Христос накормил десятью хлебами тысячи людей, но он все же не пытался накормить их хлебом, который еще не вырос. Чудо в алтаре Ствоша — куда диковиннее!). В пещере Бельт (Иран) нижележащие слои датированы 6054 ± 415 и 6595 ± 500 гг. до н. э., а вышележащий — 8610 ± 610 г. до н. э. Таким образом, отмечает Милойчич, получается обратная последовательность слоев и вышележащий оказывается на 2556 лет старше нижележащего! И подобным примерам нет числа.

Открывается простор для субъективизма. Но субъективизм, по мнению Милойчича, лежит глубже — в самом механизме радиоуглеродного датирования.

СУБЪЕКТИВИЗМ В ТОЧНОЙ НАУКЕ?

Различные лаборатории ведут отсчет от различных эталонов современной радиоактивности, так что даты Гронингенской лаборатории (Голландия) отличаются на 200 лет от дат Чикагской, а даты Гейдельбергской лаборатории на почти такую же величину — на 240 лет — от дат Чикагской, но в противоположную сторону.

И это еще не все.

Милойчич призывает отказаться, наконец, от «критического» редактирования результатов радиоуглеродных измерений физиками и их «заказчиками» — археологами. Отменить «критическую» цензуру при издании результатов. Физиков Милойчич просит не отсеивать даты, которые почему-либо кажутся невероятными археологам. Публиковать все результаты, все измерения, без отбора. Археологов Милойчич уговаривает покончить с традицией предварительного ознакомления физиков с примерным возрастом находки (перед ее радиоуглеродным определением) — не давать им никаких сведений о находке, пока они не опубликуют своих цифр! Иначе невозможно установить, сколько же радиоуглеродных дат совпадает с достоверными историческими, т. е. невозможно определить степень достоверности метода.

Кроме того, при таком «редактировании» на самих итогах датировки — на облике полученной хронологической схемы — сказываются субъективные взгляды исследователей. Так, например, в Гронингене, где археолог Беккер давно придерживался короткой хронологии, и радиоуглеродные даты «почему-то» получаются низкими, тогда как в Шлезвиге и Гейдельберге, где Швабедиссен и другие издавна склонялись к длинной хронологии, и радиоуглеродные даты аналогичных материалов получаются гораздо более высокими. Случайно ли это? Такое же различие между швейцарскими лабораториями. Где ж тут хваленая объективность физики?

— Милойчич обвиняет 50 лабораторий мира в организованном жульничестве! — возмутились физики. И они легко показали, что Милойчич совершенно не разбирается в статистике, не представляет себе правил и возможностей работы со средними цифрами. Мало того, что он все сопоставления радиоуглеродных дат производит, игнорируя объявленные пределы вероятных ошибок

(а между тем они даются как ± 5 из расчета 68% вероятности и для приближения к практической достоверности требуют удвоения и утроения), он не понимает и не признает реальности средних цифр, выведенных из случайных распределений.

Между тем, конечно, если с индивидуальными измерениями современных объектов или даже современными средними сопоставлять индивидуальные измерения древних объектов, получатся те остроумные парадоксы, которыми позабавил читателей Милойчич, но если с современными средними сопоставить средние, полученные на больших сериях однотипных древних образцов, то множество мелких индивидуальных отклонений радиоактивности в обе стороны должно в силу случайности разброса взаимоуничтожиться, нивелироваться, и в итоге разница между обеими средними (современной и полученной на древних объектах) даст истинный возраст находки. «Одна дата — не дата», — так сформулировал это правило физик Ватерболк.

Приводя разошедшиеся даты одного куска дерева, затем — одного памятника и т. п., Милойчич утверждает: «Историк не может все эти даты признать правильными, он должен выбрать одну. А физик спокойно признает все эти даты правильными, вычисляя среднюю». Но, для Милойчича, если эта средняя получена из многих нереальных дат, то она и сама не является реальной. «Этот пример, — выводит мораль Милойчич, — показывает, на сколь разных языках разговаривают физик и историк!»

Увы, этот пример показывает нечто иное: что некоторые историки не понимают того языка, на котором к ним обращаются (и должны обращаться) физики. А так как удлинение хронологии неолита и медного века Европы основано не на отдельных радиоуглеродных датах, а на целых сериях дат, то этот удар Милойчича оказался нанесенным мимо цели.

Различия между лабораториями в выборе эталона сейчас ликвидируются. Все измерения, конечно, как и раньше, аккурат-

но протоколируются — можно проверить любое. Публикуются даже «несуразные» датировки. Казалось бы, упрек в субъективизме тоже отпадает. И все же...

Безусловно, нельзя обвинять 50 лабораторий мира в организованном жульничестве — в подтасовке дат, в скрытии ошибочных определений. Но можно ли, положив руку на сердце, сказать, что мы уверены в объективном отношении специалистов по радиоуглеродному методу, работников радиоуглеродных лабораторий к оценке достоверности получаемых определений возраста — не каждого определения в отдельности, а всех вместе взятых? (рис. 14).



Рис. 14. Внутренний вид радиоуглеродной лаборатории



Рис. 15. «Эффект Зюсса» в действии

Некоторое преувеличение достигнутой точности и надежности метода, преуменьшение опасности существенных искажений может быть следствием разных субъективных причин — естественной односторонней увлеченности специалиста, соображений престижа, опасений за ассигнования на дальнейшие исследования и т. п. Существенно также то, что радиоуглеродные определения в капиталистических странах быстро были поставлены на коммерческую основу. Так, в США в 1957 г. цена за измерение одного образца держалась от 100 до 200 долларов, в Англии цена в 1961 г. составляла — 50 фунтов стерлингов за один образец. А у нас, хоть даты и «не продаются», но насколько мне известно, «себестоимость даты» тоже, обходится никак не менее 100 рублей...

Так что возникает опасение, что в этом вопросе не все так благополучно, как может показаться.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДВОХИ

Уже с самого начала — и чем дальше, тем все больше — многие физики и химики (в том числе и сам Либби) убеждались в том, что внешняя простота и стройность теоретических обоснований радиоуглеродного метода обманчива: под нею таятся опасные трещины, провалы и ловушки для неосто-

рожных. Слишком много ненадежных допущений, непроверенных подпорок, невыявленных подвохов. Копнешь глубже — и в самом теоретическом построении вскрываются источники возможных существенных ошибок.

Давно известна опасность загрязнения (особенно очень древних образцов) «молодым» углеродом или (в меньшей степени) — «старым». Конечно, сейчас химики достигли высокой изощренности в очистке образцов от посторонних примесей, и все же, когда измерили радиоактивность куска антрацита, получили возраст всего 73 тыс. лет. Но ведь это антрацит, каменный уголь! Ему наверняка миллионы лет, и он практически уже вообще должен быть свободен от радиоактивного углерода. Это значит, что не удастся удалить из образца, по крайней мере, такое количество постороннего C^{14} , которое соответствует возрасту в 73 тыс. лет, т. е. $1/8192$ концентрации C^{14} в современном углероде (или около 0,0125%). Даже такая крохотная прибавка постороннего C^{14} к образцу, которому действительно было бы 73 тыс. лет, увеличила бы его радиоактивность вдвое и он предстал бы 67-тысячелетним (т. е. моложе на один период полураспада), а если такую дозу прибавить к углероду находки, которой 100 тыс. лет, то это увеличит ее радиоактивность в 32 раза и она «омолодится» на 5 периодов полураспада, т. е. получит дату: 72150

лет. Это означает, что все образцы старше 73 тыс. лет будут иметь кажущийся возраст между 67 тыс. лет и 73 тыс. лет.

Особенно же опасны те искажения, которые никакой очисткой невозможно ликвидировать — это те, что вызваны отклонениями прежней начальной радиоактивности от современной нормы. Все отсчеты основаны на допущении, что начальная радиоактивность (т. е. уровень, с которого каждый раз начинается невосполняемый распад) была прежде такой же, как сейчас. А она изменяется! Это неоспоримый факт. Вся суть только в том, насколько изменяется — существенно или нет. И если существенно, то можно ли это учесть в расчетах, введя соответствующие поправки?

Факторов, создающих такие изменения, было много. Некоторые из них доступны учету и измерению. Так, например, Г. Э. Зюсс обнаружил, что за последние сто лет произошло заметное изменение в атмосферной концентрации C^{14} , связанное с промышленным переворотом в передовых странах.

Оказывается, что за сто лет заводами, фабриками, паровозами и т. п. в воздух было выброшено в виде дыма столько чрезвычайно «старого» или «мертвого» углерода, давно утратившего радиоактивность (каменный уголь, нефть), что в современных эталонах концентрация C^{14} «пожиже», чем в древних организмах к моменту их смерти (рис. 15). В результате древние образцы кажутся на 240 лет старше своего истинного возраста. Это явление вошло в науку под названием

«эффекта Зюсса». В противоположную сторону действует «эффект водородных бомб»: углерод, выбрасываемый в атмосферу при термоядерных взрывах, отнюдь не «мертв»... (рис. 16).

Труднее учесть «шатания» исходного пункта отсчета, связанные с колебаниями интенсивности самого космического излучения, в основе которого — колебания солнечной активности. Нашему наблюдению эти колебания пока доступны только за последние несколько тысяч лет — их измерили по образцам из годовичных колец толстенных пней американской секвойи. Но даже для этих нескольких тысяч лет поправку ввести невозможно, так как при большой частоте колебаний кривая пересекает график распада в нескольких местах и у каждого показателя будет несколько возможных решений (см. на рис. 16 распад образца 1525 г.). Просто приходится учесть дополнительную неопределенность размахом примерно в столетие.

А есть и такие искажения, о которых мы пока можем только догадываться, но ни их направление, ни даже размер определить пока с достаточной точностью не в состоянии и прикидываем очень приблизительно. Например, ясно ведь, что колебания количества солнечной радиации (в том числе и космического излучения), получаемого Землей, не начались несколько тысяч лет тому назад, когда пробился росток первой из тех самых секвой, пни которых теперь послужили для эксперимента. Колебания были и раньше: об этом можно судить по изменениям климата, а они установлены с достоверностью геологами (многократные следы оледенений и бурного таяния ледников), палеонтологами (чередования теплолюбивой и холодолюбивой фауны и флоры в отложениях разных периодов), археологами (изменения в экономике и быте людей, связанные с климатическими изменениями).

С повышением кривой радиации должны быть связаны увеличения концентрации C^{14} в атмосфере и соответственно — сдвиги датировок в сторону «омоложения»; с понижениями радиации — сдвиги в обратную сторону — «удревнения». Насколько именно сдвигаются даты, мы точно не знаем. Но если незначительные колебания климата, засвидетельствованные в историческое время, связаны со сдвигами дат на столетие и больше, то какими же должны оказаться сдвиги предшествующих эпох, когда климатичес-

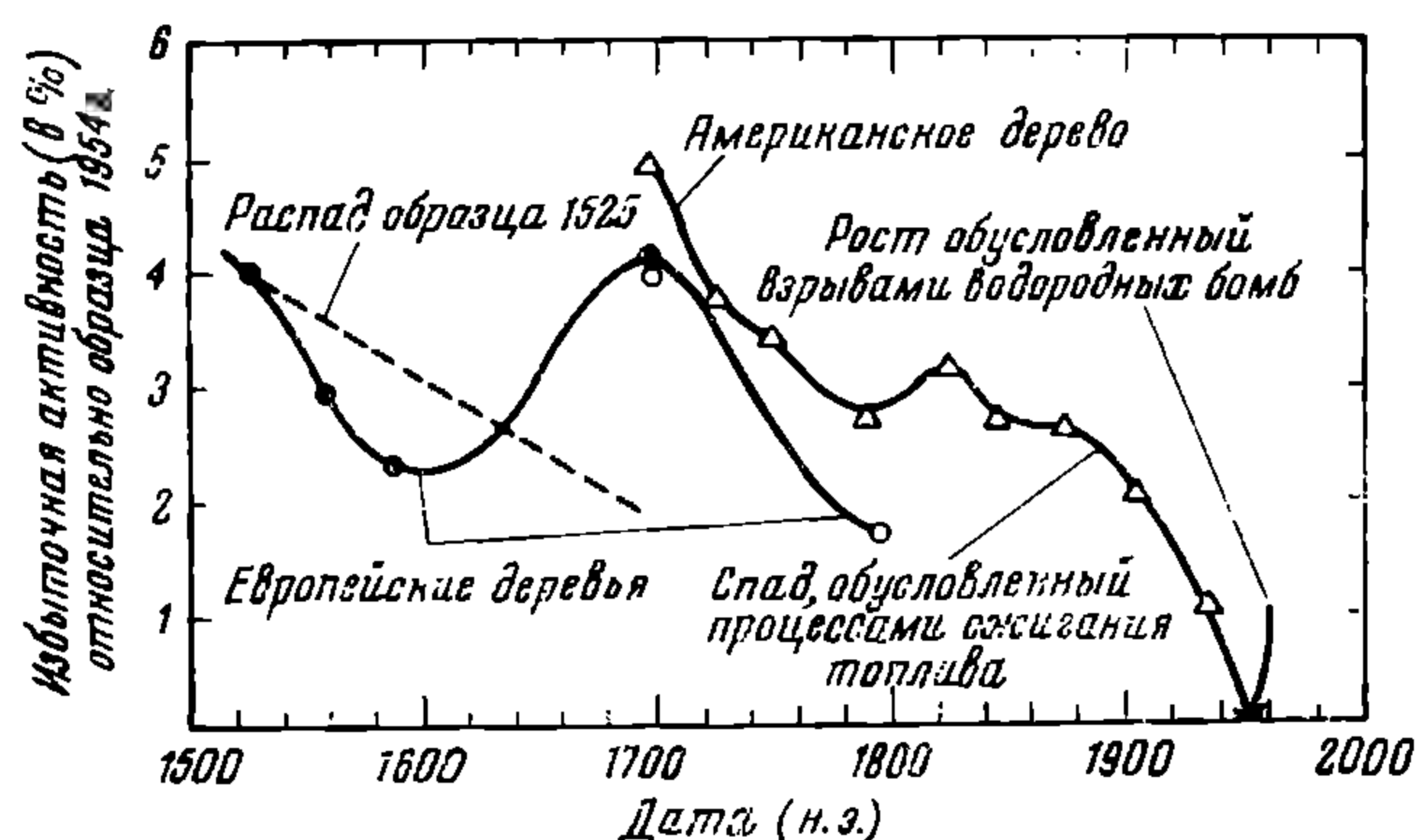


Рис. 16. Колебания начальной активности годовичных колец древесины за последние 5 веков (по Х. де Фризу, 1958). Начальная активность вычислена путем внесения поправки на радиоактивный распад со времени образования данного кольца (1% за каждые 80 лет)

кие изменения были грандиозными! Очевидно, здесь счет должен идти уже на многие века, возможно — на тысячелетия.

Поскольку образцы, относящиеся к холодному ледниковому времени, этим эффектом должны были быть удревнены, действие его противоположно действию эффекта загрязнения, так что для более древних периодов оно скрыто и лишь с какого-то момента начинает проступать.

Последний климатический оптимум (наиболее теплый и влажный климат), который засвидетельствован геологами, палеонтологами и археологами — «атлантический» — был за несколько тысяч лет до н. э. Очевидно, все образцы этого времени «омоложены», т. е. отнесены к более позднему времени. А так как образцы предшествующего, более холодного времени остались «на своих местах» и даже сдвинуты в противоположную сторону, то в зоне «атлантического» и предшествующего периодов на хронологической шкале должна образоваться пустота или по меньшей мере разреженность. Образцов, датированных этим временем, должно оказаться очень мало.

Это сильно осложняет расчеты. Но и это еще не все.

Известно, что 9/10 всего углерода тропосферы растворено в океане и только 1/10 — в воздухе. Между ними происходит постоянный обмен: из океана в воздух переходит «старый» углерод, из воздуха в океан — свежий, «молодой». (рис. 17). Постоянство концентрации C^{14} в атмосфере в сильной степени зависит от уравновешенности этого обмена. Но и он не остается постоянным. Сам же Либби рассчитал, что снижение уровня моря на 100 м (а такой уровень существовал в ледниковое время — это установлено) и одновременно понижение средней температуры на несколько градусов равносильно уменьшению резервуара, в котором растворен углерод на 1/10, т. е. такому усилению концентрации радиоактивного углерода, поступившего в этот резервуар из верхних слоев атмосферы, которое должно «омолодить» древнейшие из измеренных образцов на 800 лет.

Для ледникового периода это цифра небольшая, но этот сдвиг противоположен по направлению сдвигу, вызванному падением солнечной радиации, и заслуживает упоминания здесь как один из характерных осложняющих эффектов: действие его заметно сказывается только на образцах опреде-

ленного времени и при том по-разному для разных отрезков этого интервала, а данных для вычисления поправки зачастую недостаточно.

Но, может быть, все эти опасения преувеличены и теоретические предположения, к счастью, не оправдываются на практике?

Увы, оправдываются. Есть тяжелые факты, которые разрушают чрезмерный оптимизм и говорят о том, что опасения эти не напрасны.

ОТ АСТРОНОМИИ ДО АРХЕОЛОГИИ — ОДИН ШАГ...

Первый факт касается хронологии последнего оледенения — вюрмского.

Радиоуглеродная датировка его резко разошлась с традиционной, созданной вовсе не историками и археологами: основа историко-археологической абсолютной шкалы (письменные источники) так глубоко не заходит. Эта традиционная датировка построена представителями нескольких отнюдь не гуманитарных наук: геологом, астрономом, математиком, метеорологом. Археологи ее только использовали, и они имели все основания на нее положиться.

Судите сами. Более сорока лет тому назад (работа опубликована в 1924 г.) немецкий метеоролог В. Кеппен, исследуя историю климата, первым заметил поразительно точное совпадение двух кривых, косвенно отображающих климатические изменения. Одна кривая показывала изменения величины ледникового щита и была построена в 1909 г. швейцарским геологом А. Пенком. Изучив ледниковые отложения в Альпах — морены, и т. п., А. Пенк не только установил, что Альпы пережили 4 крупных сползания ледников с гор в долины и что эти 4 оледенения соответствуют 4 скандинавским оледенениям, но и измерил продолжительность межледниковых периодов, сравнивая размеры русел, прорытых потоками от таявших ледников. Проследив скорость отложения вымытого из русел песка в дельтах современных швейцарских рек, геологи высчитали, что со времени последнего оледенения прошло около 20 тыс. лет. Поскольку разрушения, произведенные потоками от таящих ледников последнего оледенения втрое больше, оно должно было продолжаться около 60 тыс. лет. Итог своих вычислений А. Пенк выразил в виде кривой с 4 резкими падениями, соответствующими 4

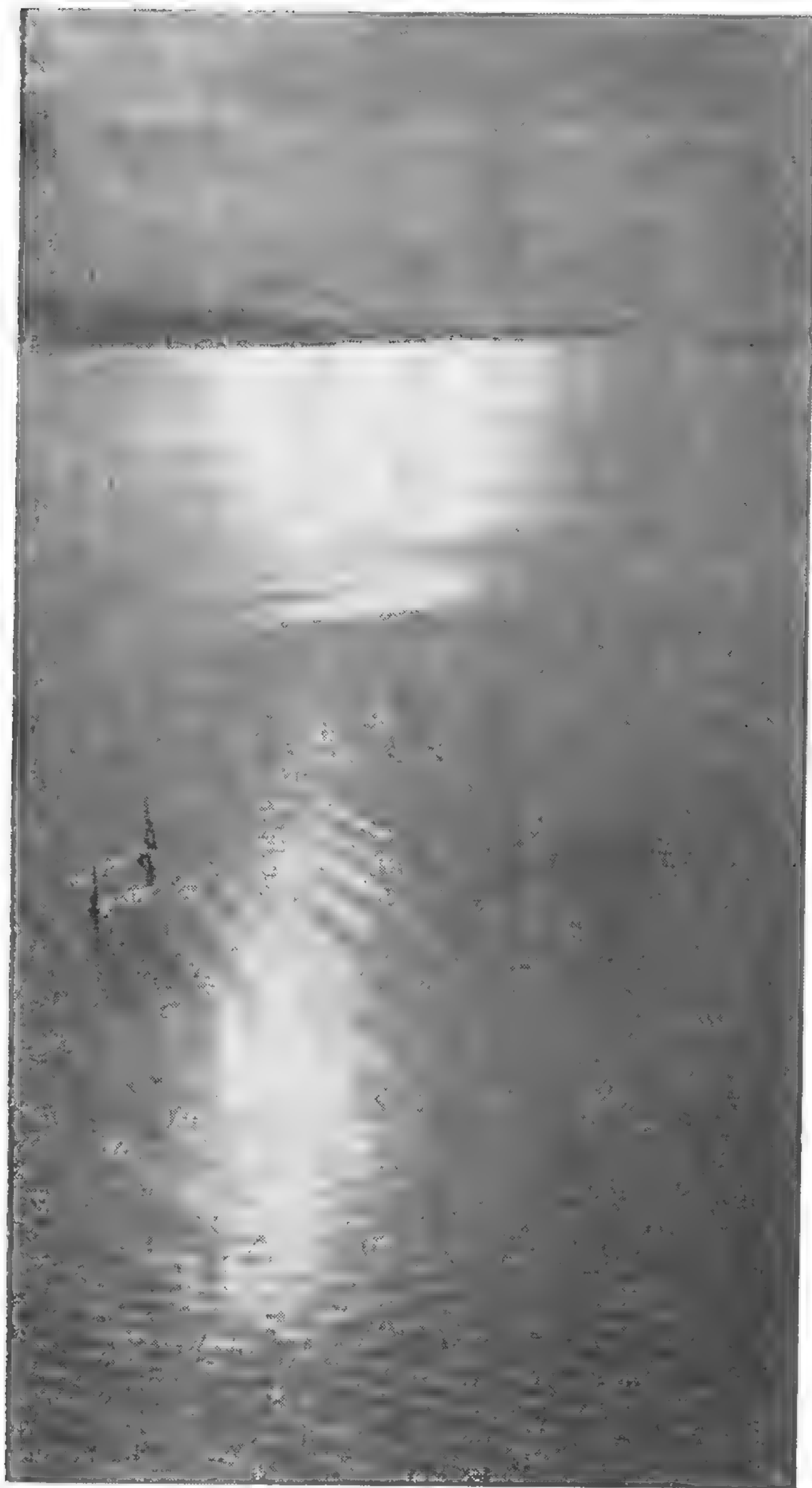


Рис. 17. Между океаном и воздухом происходит постоянный обмен: из океана в воздух переходит «старый» углерод, из воздуха в океан — «молодой»

холодным периодам, расстояние между которыми отражает длительность межледниковий. Длительность всего ледникового периода получилась около 600 тыс. лет.

Вторая кривая была основана на астрономических наблюдениях француза У. Лаверье, который определил скорость различных изменений в положении нашей планеты относительно Солнца — качаний оси (изменения эклиптики с периодом в 40 тыс. лет), «пульсации» орбиты (изменения эксцентриситета орбиты с периодом в 92 тыс. лет)

и вращения орбиты (предварение равноденствия с периодом в 26 тыс. лет). Поскольку эти движения очень регулярны, а они изменяют количество тепла, получаемого северным полушарием Земли от Солнца, то, складывая их, можно определить положение Земли относительно Солнца в любой момент будущего или прошлого, а исходя из этого, вычислить и количество тепла, получаемого северным полушарием в это время.

Но изменения в количестве тепла, в свою очередь, дадут изменения климата. Возникла заманчивая задача — «вычислить» историю климата.

Эту задачу взял на себя сербский математик М. Миланкович. В работах 1913—1920 гг. он предложил таблицы цифр, отражающих количество тепла, получавшегося каждым широтным поясом (через 10°) обоих полушарий Земли отдельно для зимы и лета за последние 600 лет.

Взяв цифры, отражающие изменения летней солнечной радиации для 65° северной широты (это широта центра Скандинавского щита) и построив по ним график (названный радиационной кривой Миланковича), метеоролог А. Кеппен получил 4 резких падения радиации: три — в виде парных перевернутых пиков и четвертое — в виде тройного перевернутого пика (рис. 18).

И оказалось, что не только количество оледенений, но и длительность их и интервалы между ними почти в точности те же, что и на кривой Пенка (рис. 19). Между тем Пенк и Миланкович производили свои хронологические расчеты совершенно независимо, даже не зная друг о друге. Такое детальное совпадение не может быть случайным.

Но детальность совпадения в дальнейшем еще усилилась, когда в 1930 г. были одновременно опубликованы две работы: с одной стороны, М. Миланкович, продолжив свою кривую в глубь веков до миллиона лет, обнаружил еще 3 падения кривой, а с другой — австрийский геолог Б. Эберль нашел следы трех оледенений (они названы дунайскими), более ранних, чем четыре известные до того по отложениям Швейцарии и Скандинавии (рис. 20). Опять независимо друг от друга! В те же годы Б. Эберль и В. Зёргель установили, что, судя по моренам, последнее оледенение пережило, оказывается, три обострения, три толчка (тройной пик на кривой Миланковича!), а каждое из трех предшествующих — по два (парные пики на кривой Миланковича!).

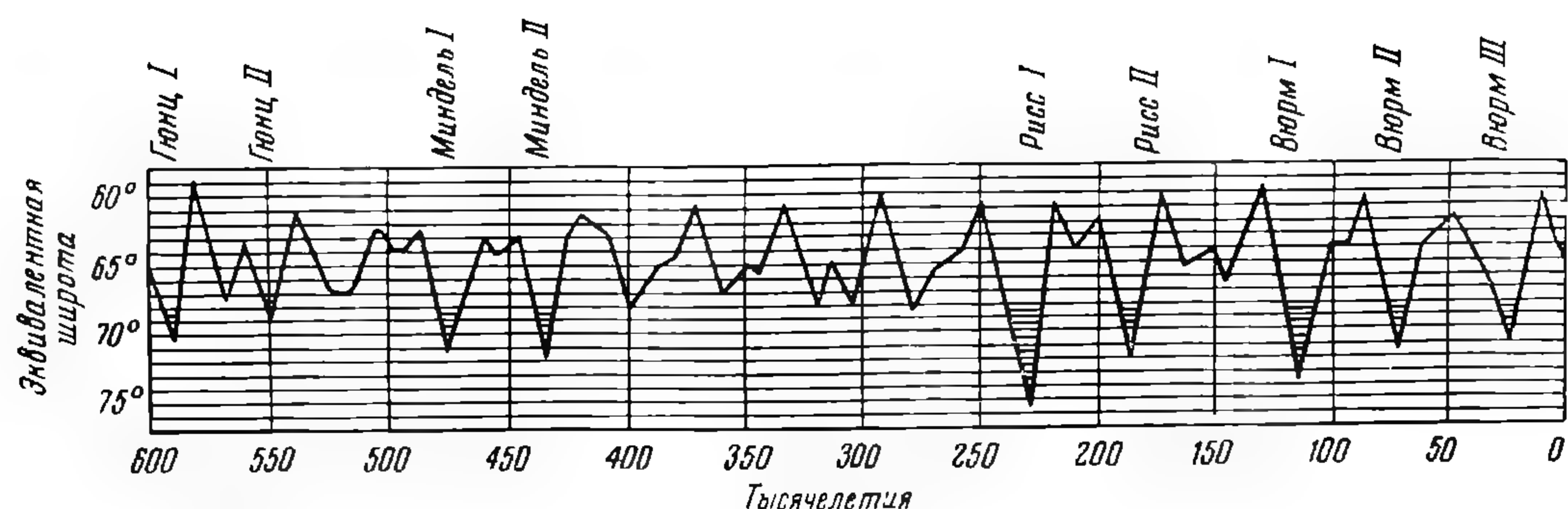


Рис. 18. «Кривая Миланковича». Амплитуды вековых колебаний летних сумм облучения за последние 600 тыс. лет, вычисленные для 65° с. ш. Миланковичем по данным Леверье и впервые показанные в виде диаграммы Кеппенем. Изменения радиации выражены в перечислении на эквивалентную широту, т. е. кривая показывает, какая современная широта получает такую же сумму облучения, как широта 6° в прошлом (по С. А. Яковлеву, 1948)

Мудрено ли, что всех убедило совпадение этих кривых, вполне естественное, поскольку оледенения и климатические изменения вообще зависят от изменений солнечной радиации. Значение этого совпадения для археологии состоит в том, что археологические памятники нередко прочно вписываются в геологическую историю, а совпадение кривых позволило перенести на археологические периоды хронологию истории климата, вычисленную уже не приблизительно по скорости геологических процессов, а очень точно — по строгим астрономическим закономерностям.

Согласно этой хронологии, последнее оледенение (вюрмское) началось 118 тыс. лет тому назад, а отступление ледника и потепление началось 21 тыс. лет тому назад.

И вот является радиоуглеродный метод

и требует заменить первую цифру на 73 тыс., а вторую — на 20 тыс. Чему же у нас больше оснований верить? Где вероятнее ошибка — в радиационно-астрономической хронологии или в радиоуглеродной?

Невозможно вообразить эффекты, которые в силах были бы обусловить такое огромное запаздывание самого оледенения по отношению к началу похолодания, твердо фиксированному астрономическими расчетами, и так растянуть радиоационно-астрономическую хронологию. А вот сжатие радиоуглеродной... Пойдите-ка, цифра 73 тыс. лет — нам уже знакома. Да ведь это тот самый рубеж, который не в силах перешагнуть радиоуглеродный метод! Это тот самый максимум, в который пока что обращается любая более древняя дата вследствие нашей неспособности полностью очистить образцы от загрязнений!

Недавно А. ван Вёрком пересчитал заново таблицы Миланковича, учтя новые, более точные измерения массы нашей планеты. Кривая получилась той же формы, что у Миланковича, с теми же падениями, в тех же местах, только изменился размах колебаний, появились иные соотношения глубины падений. Палео-

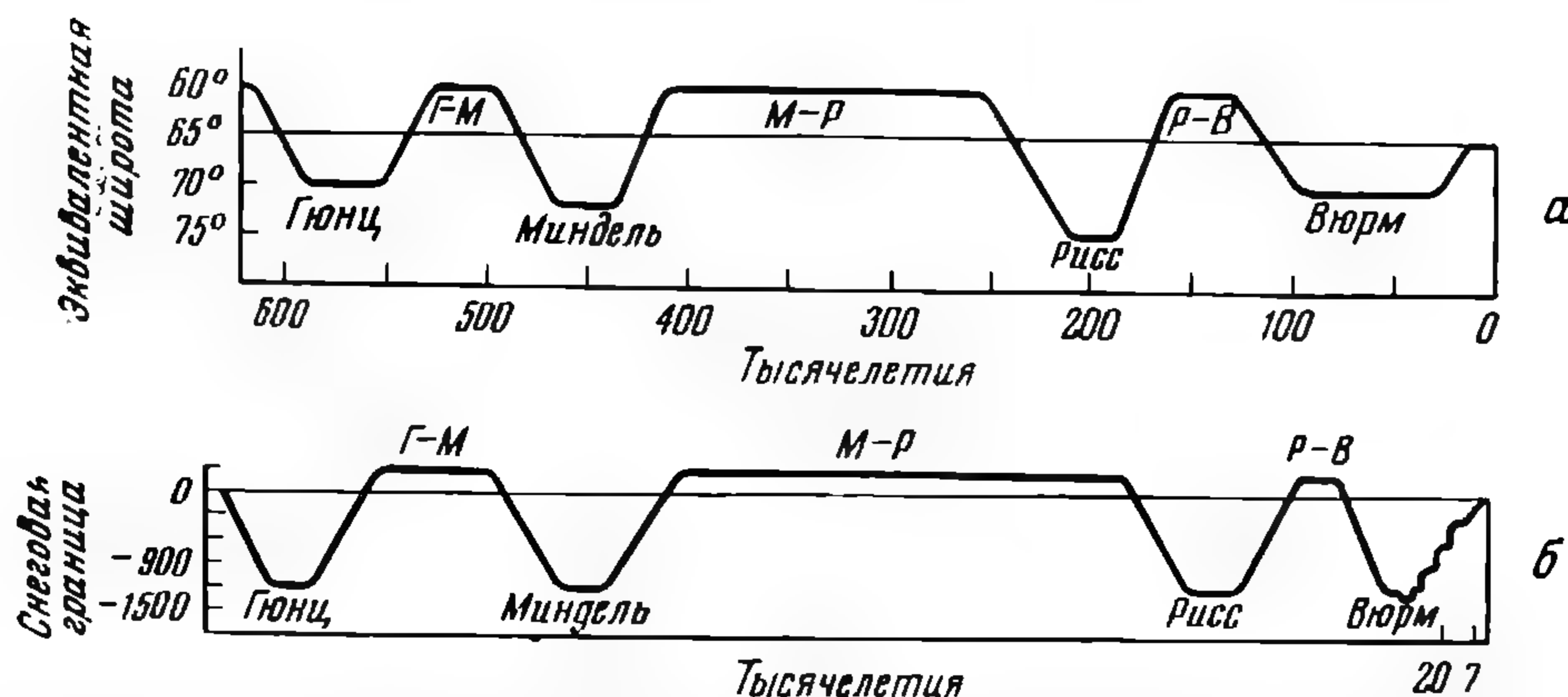


Рис. 19. Совпадение кривых Миланковича и Пенка: а — упрощенная диаграмма летних сумм облучения для 65° с. ш., по Миланковичу; б — температурная кривая ледникового периода, по Пенку (по С. А. Яковлеву, 1948)

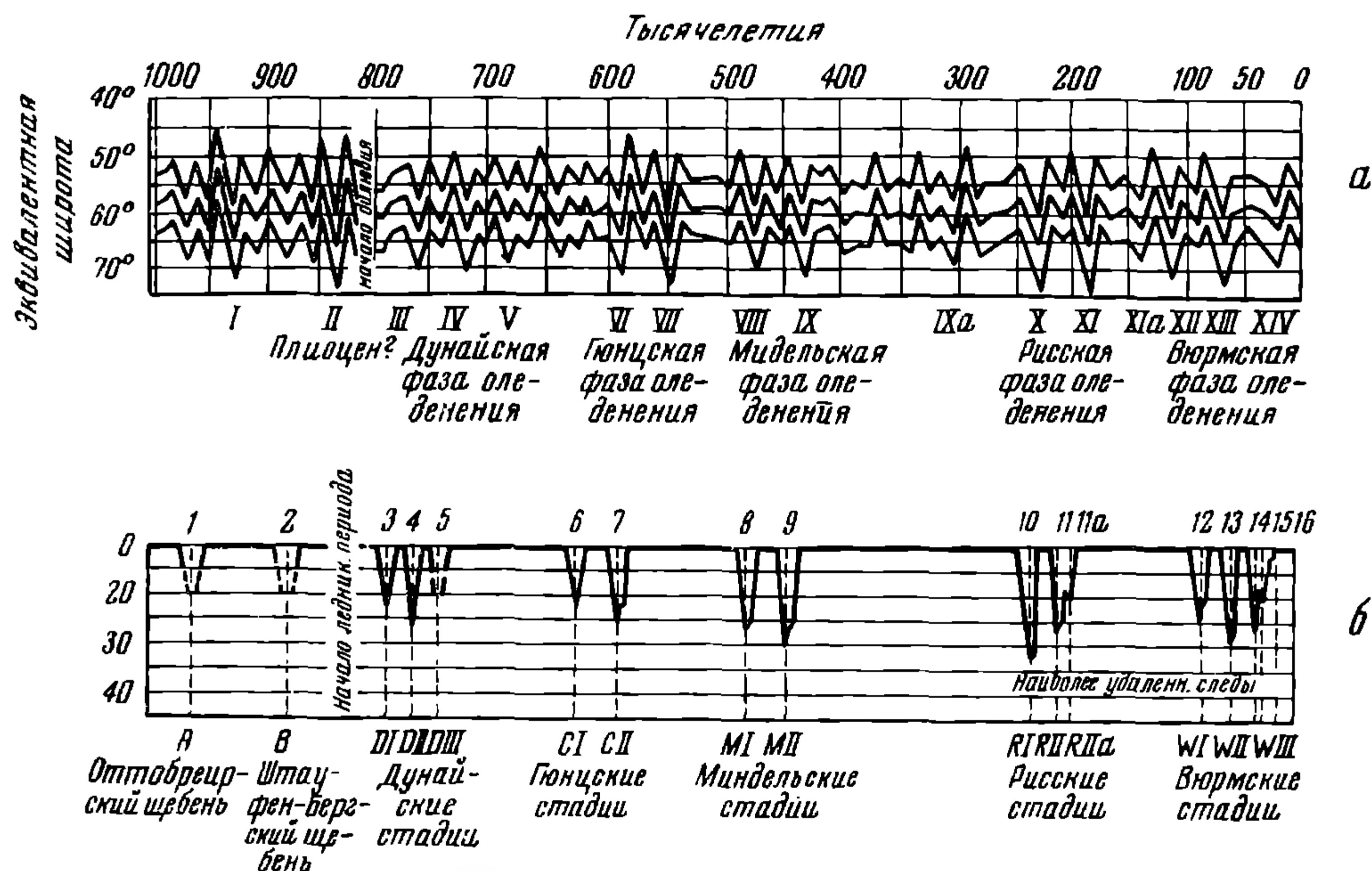


Рис. 20. Детальность совпадения усилилась: а — новейшая диаграмма летних сумм облучения за последний миллион лет, составленная Миланковичем, б — стратиграфическая диаграмма Эберля (по С. А. Яковлеву, 1948)

климатолог В. Вундт использовал эти новые данные для защиты резкого сокращения хронологии соответственно радиоуглеродным данным — он передвинул все оледенения на один зигзаг ближе к концу кривой. Но центр тяжести его гипотезы в другом. Вундт предположил, что океанские течения переносили тепло из Северного полушария в Южное и наоборот, нивелируя климат. В таком случае, реконструируя изменения климата, колебавшие границу ледникового щита, надо исходить не из кривой Миланковича для Северного полушария и даже не из аналогичной кривой ван-Вёркома, а из сложения двух кривых ван-Вёркома — для Северного и для Южного полушарий. Но, во-первых, подобная переоценка нивелирующей роли океанских течений нуждается в дополнительных доказательствах, а во-вторых, даже новая радиационно-астрономическая кривая — суммарная кривая Вундта для всей планеты (для обоих полушарий сразу) все же во всех своих колебаниях — от последнего оледенения до современности — каждый раз опережает палеоклиматическую кривую с радиоуглеродными датами на 5 тыс. лет.

Остается лишь добавить, что когда советский радиохимик В. В. Чердынцев применил к палеолитическим памятникам иониевый и протактиниевый методы, он получил гораздо более древние даты (иной раз вдвое более древние).

Таков первый тяжелый факт — первое практическое подтверждение печальных теоретических предположений.

А СЧИТАТЬ ВСЕГДА ПОЛЕЗНО

Второй факт не менее весомый. Он, к сожалению, пока еще не замечен и не оценен должным образом. Здесь пойдет речь о статистике радиоуглеродных дат.

Давно известно пристрастие американцев к статистике, к цифрам. Американцы любят считать. У них подсчитано, кажется, все: важные ценности и забавные пустяки. И вот один американец (Ф. Робертс) еще в самом начале развития радиоуглеродного метода (в 1952 г.) занялся, казалось бы, совершенно бесполезным и никому не нужным делом: он решил подсчитать датированные радиоуглеродным методом древности разных эпох и выявить распределение полученных к этому времени радиоуглеродных дат американских древностей по эпохам, т. е. подсчитать, по сколько накопилось датированных образцов от равных хронологических отрезков различных эпох. Зачем это ему было нужно, он, пожалуй, и сам не смог бы тогда сказать.

Подсчитал — и что же оказалось? Даты сконцентрировались на отрезках 6500—6000 и около 5000 гг. до н. э., а затем после длительного перерыва (почти свободная часть

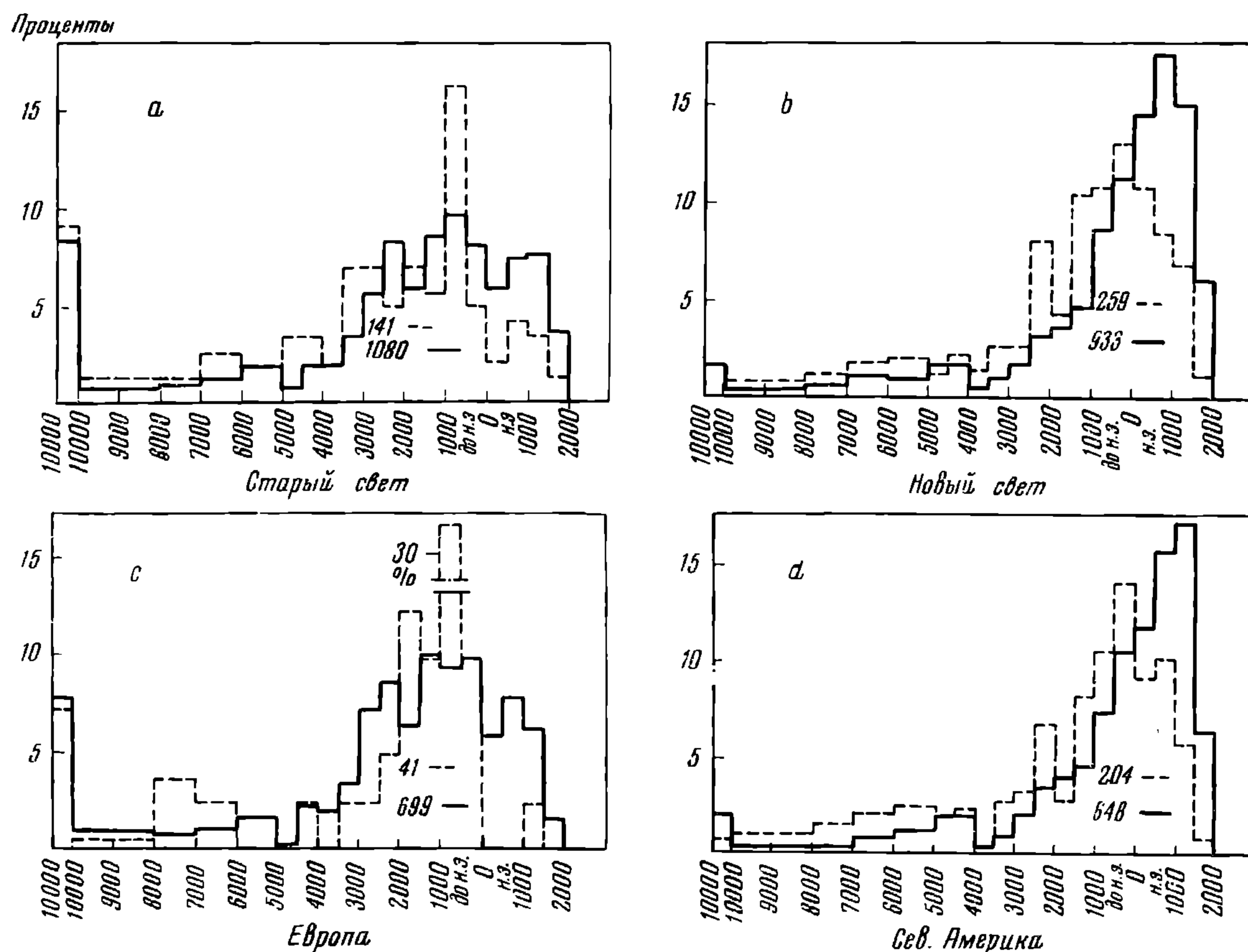


Рис. 21. Статистика радиоуглеродных дат (по А. Елинеку, 1963). Гистограммы распределения радиоуглеродных определений возраста по 500-летним отрезкам (для времени, предшествующего 5000 г. до н. э., — по 1000-летним отрезкам). Сплошная линия показывает даты, полученные с применением газовых счетчиков, пунктирная — по твердому углероду

V и все IV тыс. до н. э.) вновь сгустились в III тыс. до н. э. (3000—2000 гг. до н. э.). Свято веря в непогрешимость радиоуглеродных дат, и, стало быть, в реальное отсутствие в Америке древностей V—IV тыс., Ф. Робертс искал объяснение этого феномена в каких-то переселениях: все обитатели Америки куда-то на это время скрылись...

Через 10 лет в американском журнале «Каррент антрополоджи» появилась статистическая сводка А. Елинека, который повторил попытку Ф. Робертса, но уже на более обширном материале, относящемся к обоим полушариям, причем он рассмотрел этот материал отдельно для каждого из полушарий и отдельно — для Европы.

Результат — как ни странно — был все тот же! И в Старом Свете, как и в Новом, в Европе, как и в Америке, почти в одном и том же месте — на участке V—IV тыс. до н. э. — кривая распределения резко падает

вниз, а затем снова стремительно подымается (рис. 21)¹. Что же — и в Европе на это время исчезало население? И на всем земном шаре?

Но искать разгадку в каких-либо переселениях на Марс и обратно не придется, если припомнить, что эту разреженность дат на отрезке атлантического оптимума и следовало ожидать, исходя из расчетного изменения начальной радиоактивности углерода.

Таким образом, этот феномен хорошо объясняется гипотезой о повышении начальной углеродной радиоактивности в период климатического оптимума и, стало быть, подтверждает эту гипотезу. Тогда какого же сдвига в противоположную сторону надо

¹ См. A. J. Jelinek. An index of radiocarbon dates associated with cultural materials. «Current anthropology», vol. 3, 1962, № 5.

ожидать для времени последнего оледенения? Вероятно, очень большого. Но его трудно вычислить не только потому, что неизвестны многие исходные величины расчетов, но еще и потому, что кроме рассмотренного одновременно действовали и другие факторы, влияния которых наслаивались одно на другое, где-то взаимоуничтожаясь, где-то усиливая друг друга, чрезвычайно осложняя общую картину и затрудняя вычисление итогового сдвига — того, который получался в конечном счете как сумма многих частных сдвигов.

«КРИВЫЕ» ПУТИ

В сущности вся радиоуглеродная хронология неолита, медного и бронзового века держится на рабочей гипотезе — на допущении, что подобных значительных сдвигов и колебаний в прошлом не было. Но это допущение так и осталось допущением: оно нигде и никогда не было прочно доказано. Даже самые убежденные энтузиасты радиоуглеродного метода единодушно признают, что «никаких прямых путей проверки... нет»¹.

Но если «прямых» нет, то каковы же «кривые»? Что позволяет сторонникам радиоуглеродного метода не считаться с тревожными теоретическими предположениями и «тяжелыми» фактами, их подкрепляющими?

В поддержку своего коренного допущения они приводят ряд косвенных доказательств соображений и подсчетов, точность которых не высока, а трактовка не однозначна, а главным доказательством служат контрольные радиоуглеродные определения образцов заранее известного возраста (исторические предметы, годичные кольца старых деревьев).

Но как только заходит речь о контрольных датировках исторических предметов, все ссылаются на первые эксперименты — т. е. на небольшую серию образцов — по сути, все на ту же «кривую известных». Между тем обнадеживавшие результаты этих первых контрольных измерений были омрачены последующими проверками, дополнениями и уточнениями (например, сводка Либби 1963 г.)².

¹ С. В. Бутомо. Применение радиоуглеродного метода в археологии. «Новые методы в археологических исследованиях», 1963, стр. 11.

² См. W. F. Libby. The accuracy of radiocarbon dates. «Antiquity», v. XXXVII, 1963, N 147.

В радиоуглеродных датировках исторических памятников (главным образом египетских) обнаружился не только разброс (рассеивание) дат, но и систематическое отклонение (преимущественно омоложение) в 200—400 лет. Либби пересмотрел величину периода полураспада: теперь вместо цифры 5568 лет предлагается 5730 лет. Но для III тысячелетия до н. э. и при новом значении периода полураспада отклонение все еще остается значительным.

Когда на «кривой известных» радиоуглеродные даты совпадали с египетскими историческими, Либби ссылался на это как на лучшее подтверждение радиоуглеродного метода, подчеркивая прочность критерия — египетской исторической хронологии. Когда же в контрольных экспериментах обозначилось расхождение, Либби предположил... ошибочность египетской хронологии. Но где же тогда критерий проверки, где эталон контроля? Что же получается? Сначала египетской хронологией подтверждают радиоуглеродный метод, а затем этим методом опровергается та же египетская хронология!

Чтобы ослабить впечатление от этого противоречия, Либби строит отдельную схему проверки для неегипетских памятников, призванную подтвердить метод на том участке, на котором отказала египетская хронология. Но древнейшие неегипетские памятники происходят из Месопотамии и с Кипра, а месопотамская хронология гораздо слабее египетской и в значительной мере на нее же опирается, хронология же Кипра основана на месопотамской и египетской. Так что и эта подпорка падает...

Правда, исторические памятники Египта и других районов Старого Света дали хорошее согласование радиоуглеродных дат с историческими в диапазоне II тыс. до н. э. (между 2000 и 1000 гг.), но зато на этом отрезке обнаружилось резкое расхождение с дендрохронологией — датировками годичных колец деревьев (главным образом американских секвой): радиоуглеродные даты на 2—3,5 века моложе.

Это побудило Либби воскресить старые наблюдения, что иногда древесные кольца образуются и по нескольку в год, чем он намекает на недостоверность подсчетов древесных колец. Но неужели такие аномалии столь часты, что из них накопились века? Когда речь шла о подтверждении радиоуглеродного метода дендрохронологией, подобные сомнения не возникали.

Ах, как по-разному проверяет доктор Либби то, что подтверждает его метод, и то, что противоречит ему! Мы, кажется, задавались вопросом, возможен ли субъективизм в точной науке...

Остаются совпадения радиоуглеродных датировок поздних палеолитических материалов с данными шведской геохронологии барона Г. де Геера — подсчетами ленточных глин, годичных слоев отложений в приледниковых озерах (совпадения охватывают несколько тысячелетий, следующих за 18 тыс. до н. э.). На этом участке совпадения действительно близки — очевидно искажающие эффекты здесь не действуют или взаимоналожением уничтожаются. Но подтверждает ли это точность метода в целом? Каждому ясно, что даже очень хорошие и многочисленные совпадения на одном участке еще не говорят о прочности и достоверности всей хронологической шкалы, тогда как даже одного участка несовпадений было бы достаточно, чтобы поставить под сомнение достоверность всей шкалы в целом.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ

Но вот что любопытно: одновременные годичные кольца американских и европейских деревьев получили разные радиоуглеродные даты: содержание C^{14} в американских оказалось на 1% больше. Припомним также, что если в Египте радиоуглеродом омоложены на несколько веков только памятники III тыс. до н. э., а даты II тыс. до н. э. (при новом значении периода полураспада) на месте, то в Америке уже омоложены годичные кольца II тыс. до н. э.

Стало быть, не столь уж исключительным оказывается ошеломляющий феномен, внесший смятение в ряды археологов и заключающийся в том, что радиоуглеродная хронология по-разному обошлась с древностями разных районов Старого Света: древности Европы «удревнила» более, чем на тысячу лет, а древности Египта и Средней Азии — «омолодила» (первые — на 4—5 веков, вторые — на тысячелетие и больше). Выходит, не обязательно искать этой загадке решение только за счет «исправления» археологических концепций. Быть может, и здесь виновата не археология, а радиоуглерод? Ибо осложняющие эффекты, видимо, по-разному действуют не только в разные эпохи, но и в разных географических районах!

И теоретическое объяснение нашему феномену можно было бы найти, двигаясь именно в этом направлении. Возьмем хотя бы поступление «старого» углерода из океана в атмосферу. Мало того, что подъем «старой» углекислоты из глубин океана идет гораздо интенсивнее в приполярных районах, чем в экваториальных (на что уже обращалось внимание) — она еще и распределяется по атмосфере неодинаково (что пока не учитывалось).

Ведь углекислота океанского происхождения, а также водяные пары, в которых растворена дополнительная порция ее, разносятся по земному шару ветрами, направление которых достаточно постоянно, и обеспечение разных районов влажностью (а вместе с тем и океанской углекислотой!), как известно, поэтому крайне неравномерно: одно дело — приморские районы атлантического климата, другое — континентальные пустыни. В приморских — «старой» углекислоты должно быть гораздо больше, и там должно наблюдаться искусственное «удревнение» образцов, в засушливых же районах должна наблюдаться обратная картина. Получаются как раз те самые «ножницы» между радиоуглеродными «исправлениями» хронологии для Европы, с одной стороны, и для Египта и Средней Азии — с другой! Считается, что перемешивание углекислоты в атмосфере происходит слишком быстро и однородно, чтобы могли сказаться местные факторы. Но если даже перемешивание таково, что способно тотчас рассосать и растворить временные аномалии, то в силах ли оно справиться с постоянными очагами нагнетания инородной углекислоты? Давно замечено, что вокруг крупных промышленных центров удельная радиоактивность природного углерода ниже, чем в глухой сельской местности: в городах сильнее действует эффект Зюсса. Но океан в этом отношении может быть уподоблен огромному промышленному центру: он тоже понижает радиоактивность вокруг себя.

Говорят, морской воздух целебен: он «омолаживает» людей. Может быть. Но в то же время он «старит» археологические находки! Измерением этого эффекта, насколько можно судить, пока еще никто не занимался. А стоило бы.

То же самое происходит и с нагнетанием «молодой» углекислоты из верхних слоев атмосферы. Под воздействием магнитного поля Земли космические лучи отклоняются

от экватора к полюсам, и поэтому в верхних широтах скорость образования C^{14} в четыре раза выше, чем в экваториальной области. И опять же это явление хотят побить все тем же козырем — чрезвычайной быстротой перемешивания атмосферы и рассасывания аномалий. В оправдание ссылаются на измерения радиоактивности современных растений, не обнаружившие широтного эффекта, и на более поздние измерения, которыми обнаружено лишь очень слабое его проявление. Но ведь сравнивали по широтным поясам, а надо бы — по районам одинаково интенсивного распространения из этих поясов!

К тому же ожидали найти в измерениях чистое проявление этого эффекта — а где же ему быть чистым? Он частично скрыт под эффектом распространения «старой» углекислоты из океана. Так что надо бы рассчитать теоретически взаимоналожение этих двух эффектов и проверить именно эти итоговые цифры. Вот тоже работа, которую стоило бы проделать...

АРХЕОЛОГИЯ — В ПОМОЩЬ ФИЗИКЕ

А пока все это не проделано, подождем с переводом хронологии на радиоуглеродную основу. Подождем с вынесением сурового приговора «короткой» хронологии. Подождем и с отказом от традиционных историко-археологических методов датировки. Они еще сослужат нам хорошую службу.

Именно археология во весь голос ставит сейчас перед естествоиспытателями вопрос о наличии скрытых, еще не выявленных эффектов, искажающих результаты радиоуглеродных определений, и указывает пути поисков.

В своей недавно напечатанной статье видный советский специалист по радиоуглеродному методу С. В. Бутомо, смело смотря в лицо фактам, следующим образом характеризует перспективу: «Широкое обсуждение подобных отклонений, возможно, позволит выявить уязвимые места в археологических критериях датирования, а, может быть, наоборот, приведет к нарушению основных

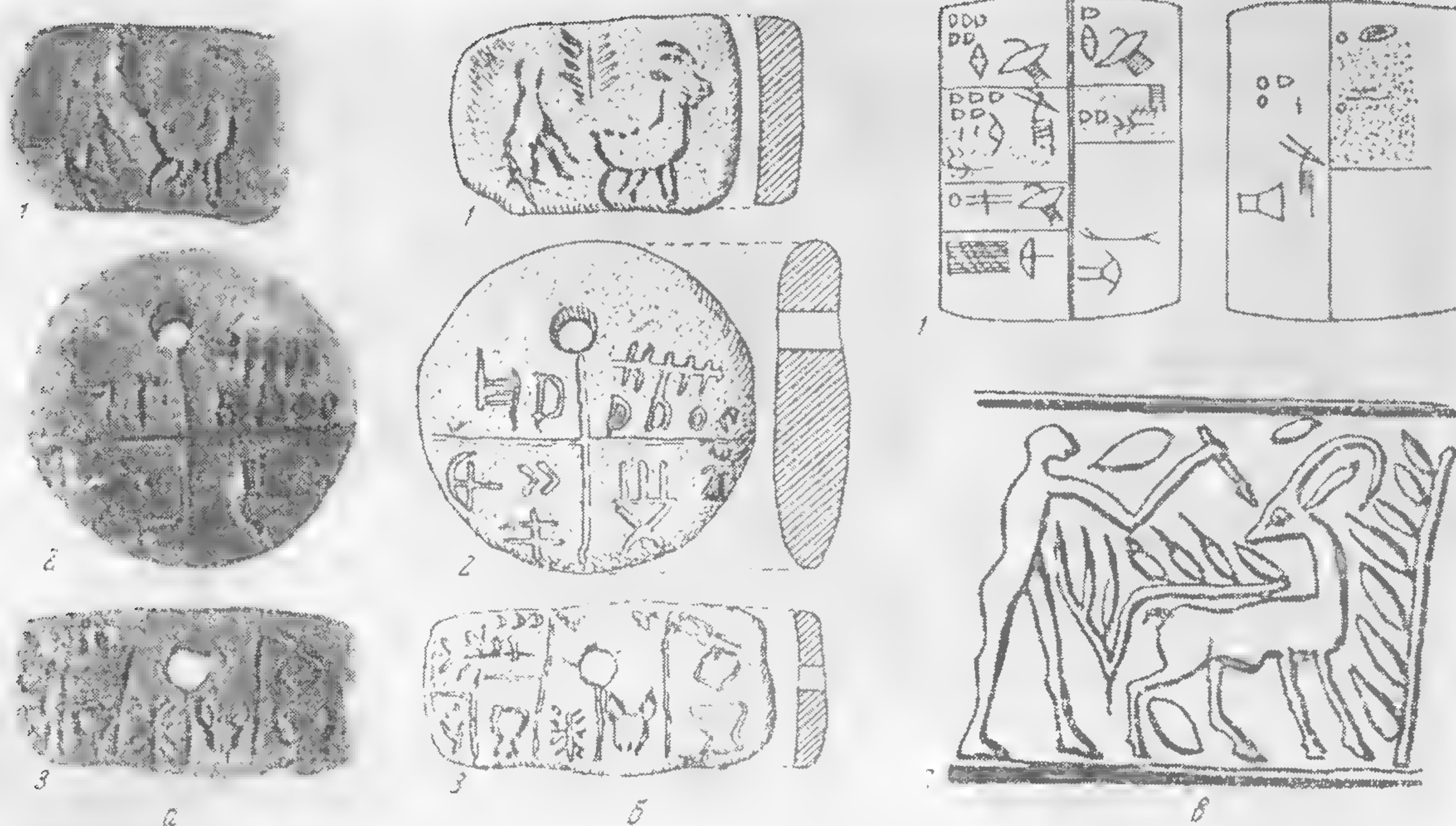


Рис. 22. Письменность в каменном веке Европы опровергает «длинную» хронологию. Таблички из Тэртэрии (Румыния) (а, б) и их месопотамские аналогии (в) конец IV — начало III тысячелетия до н. э. (по Н. Власе, 1963)

положений метода абсолютного датирования по C^{14} ¹.

Радиоуглеродный метод представляется безусловно очень перспективным и безусловно заслуживающим дальнейшей разработки, но главным направлением должно сейчас стать выявление и изучение искажающих эффектов, а не выдача на-гора дат для немедленного применения к археологии.

Собственные возможности археологии, в том числе и в деле решения рассматриваемой проблемы, далеко еще не исчерпаны. Нельзя забывать, что это не только возможности совершенствования методики и новой разработки старых материалов, но и тающиеся в дальнейших раскопках возможности открытия совершенно новых материалов, которые могут лечь решающими доказательствами на стол спора.

Живую иллюстрацию этому дает недавнее сенсационное открытие румынского археолога Н. Влассы. Раскапывая неолитическое поселение Тэртэрия, он нашел под неолитическим слоем целый комплекс импортных южных предметов, в том числе глиняные таблички с письменностью и изображениями, очень близкими месопотамским (рис. 22).

Письменность в каменном веке Европы — есть от чего прийти в изумление!

Эта письменность несомненно чужда первобытной Европе, она не имеет здесь корней, корни — на Древнем Востоке, откуда и привезены таблички. Но там аналогичные образцы датируются концом IV — началом III тысячелетия до н. э. А слой, которым покрыты таблички из Тэртэрии, содержит культуру, датируемую по радиоуглеродной хронологии на тысячу лет раньше. Таблички рвутся из-под этого слоя в более позднюю эпоху и прорывают... систему аргументации «длинной» хронологии и радиоуглеродного метода. Это новое возражение против «длинной» хронологии, новый намек на необходимость пересмотра радиоуглеродного метода.

Так что же, археология против физики?

¹ С. В. Бутomo. Радиоуглеродное датирование и построение абсолютной хронологической шкалы археологических памятников, «Археология и естественные науки», 1965, стр. 34.

Нет, археология — в помощь физике. Со-обща, рука об руку.

И это не единственная помощь, которую археология способна оказать физике. Достаточно вспомнить хотя бы археомагнетизм: именно археология позволяет физикам верить даты магнитных полей, застывших в древней керамике в момент ее обжига, строить шкалы изменения магнитных координат в каждом районе, изучать последние тысячелетия истории магнитного поля Земли, происхождение которого все еще остается загадочным и спорным. А практическое значение этих исследований — весьма многообразно, как для наших земных нужд, так и для космических полетов.

Нет, совсем не нужно искусственно раздувать авторитет археологии, хитро приукрасив ее и снабдив модными естественно-научными привилегиями. Никто здесь не собирается на новый и, прямо скажем, грубо вульгарный лад оценивать возможности ее практического применения. Дело даже не в том, что его и предвидеть зачастую невозможно (говорят, Фарадей на вопрос о возможном практическом применении электричества ответил: «Можно будет делать забавные игрушки»). Дело в том, что практические приложения такого плана — это побочная задача археологии. Ее основное значение как науки исторической, все же откровенно гуманитарное.

Я хочу лишь показать, что соотношения и взаимосвязи наук гуманитарных, с одной стороны, и естественных и точных — с другой, гораздо богаче и разнообразнее, чем это принято считать, что на месте одностороннего влияния оказывается взаимное обогащение и взаимопомощь наук, что незачем «превращать» гуманитарные науки в негуманитарные, отбрасывая их собственные методы, чтобы заменить «физическими», что неразумно было бы допускать подавление и вытеснение лидирующими в данный момент науками всех других — ни из планов академий, ни из средней школы — не только потому, что лидеры на разных этапах меняются и трудно предсказать, кто будет следующим, но и потому, что все науки сейчас нужны. И людям, и друг другу.

УДК 930.26

ИЗ ДАЛЕКОГО ПРОШЛОГО

ПРОИСХОЖДЕНИЕ КРЫМА И ЧЕРНОГО МОРЯ

Современные Крымские горы принято рассматривать как остатки крупного складчатого горного сооружения — антиклинория, подобного Большому Кавказу, разрушенного во время формирования впадины Черного моря. Многие геологи считали Черное море местом захоронения большей части Крымского антиклинория и поэтому издавна искали в рельефе дна моря следы погружившихся гор. Однако такие поиски не дали положительных результатов. В то же время новейшие геологические работы с применением все более совершенных методов анализа горных пород, детальных съемок и глубокого бурения, а также геофизические исследования высокого уровня вскрывают немало таких подробностей строения Крыма и дна Черного моря, которые позволяют в новом свете увидеть, казалось бы, давно знакомые нам предметы и факты.

БАРЬЕРНЫЙ РИФ

Еще совсем недавно высокий и длинный, обращенный к морю обрыв Яйлы, сложенный известняками юрского возраста, представлялся всем исследователям как образование вторичное, возникшее при мощных обвалах. Однако признание рифовой природы верхнеюрских известняков, заставляет

теперь считать Яйлы образованием естественным, первичным, соответствующим поверхности барьерного рифа, который возник вдоль зоны широтного разлома на южной окраине Скифской платформы. Вместе с тем и однородно падающие к северо-западу известняковые слои Яйлинской моноклинали представляются ныне типичным рифовым

шлейфом с первичным наклоном слоев в сторону открытого моря.

Искать в глубинах Черного моря погруженные части жесткого известнякового свода и южного крыла гипотетического антиклинория больше не приходится. Ведь постройки барьерных рифов не требуют ни сводов, ни крыльев, без которых немислимы структуры антиклинориев.

Рифовый барьер возникает обычно в виде независимого сооружения, построенного организмами перед чуждой им сушей, и отделяется от нее мелко-

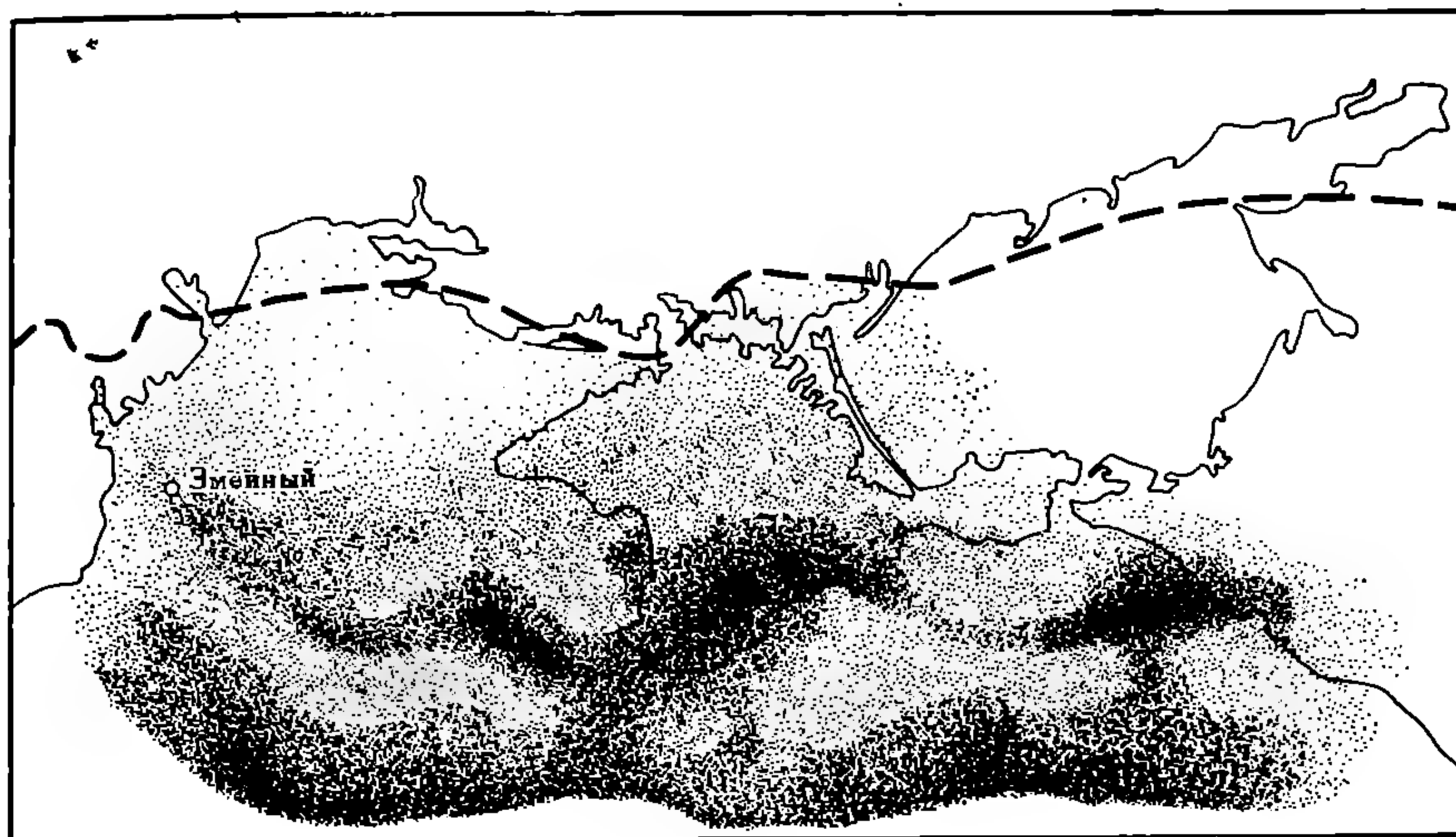


Схема аномалий Буге в районе Крыма и прилегающей части Черного моря

водной лагуной. Открытое море всегда лежит во фронтальной части барьера, т. е. в данном случае оно омывало риф с северо-западной стороны. В сторону моря распространяется рифовый шлейф, всегда представляющийся в виде моноклинали, подобной Айлинской.

Чрезвычайно интересны для геолога гравиметрические наблюдения. Еще в тридцатых годах начали изучать распределение силы тяжести в Крыму и прилегающей к нему части Черного моря. Накопленный к нашему времени опыт геологической интерпретации гравиметрических данных дал ценный материал к познанию глубинного строения района.

Горный Крым по распределению на его территории аномалий силы тяжести, в поправках Буге, глубоко отличается как от соседнего с ним Большого Кавказа, так и от других складчатых горных сооружений Причерноморья. Крыму свойственны высокие положительные аномалии Буга, в то время как Большой Кавказ и другие горы Причерноморья характеризуются, в основном, высокими отрицательными аномалиями Буге. Это свидетельствует о том, что у названных гор совершенно различны глубинные структуры. Большой Кавказ как типичное складчатое горное сооружение имеет мощные корни, состоящие из относительно легких осадочных отложений, глубоко погруженных в толщу тяжелых магматических пород. Эти легкие корни обуславливают недостаток плотности в массах под большим Кавказом, что и вызывает появление отрицательных аномалий. В основании Крымских гор таких корней не фиксируется.

Характеризующие Горный Крым высокие положительные аномалии силы тяжести свидетельствуют о том, что под ним, уже на глубинах порядка 4 — 5 км, намечается крупный плутон — массив тяжелых магматических пород, вытянутый в широтном направлении от мыса Айя к вулкану Карадаг. На поверхности Горного Крыма неглубокое залегание этого плутона проявляется в распространении лакколитов, магматических диапиров и даек¹. Отсутствие у Крымских гор глубинных корней из осадочных пород

находится в полном соответствии с рифовой природой известняков, слагающих осевую часть горного сооружения.

Высокие положительные аномалии силы тяжести, характеризующие Горный Крым — это часть аномалий широтной полосы, далеко уходящей за пределы полуострова. Мы знаем, что своих максимальных значений аномалии эти достигают: с западной стороны Крыма — в море, в 70 км от мыса Айя¹ и, с восточной стороны, в 180 км от вулкана Карадаг, в районе горы Сахарная голова, у Новороссийска. Эта линейно вытянутая полоса высоких положительных аномалий несомненно фиксирует проходящую вдоль северной границы Черноморской впадины зону широтного глубинного разлома. В нее внедрились магматические массы, образовавшие в ряде мест по разлому более или менее крупные интрузии. Самая значительная из них — Крымский плутон, намечающийся под Горным Крымом в виде магматического выступа, высоко проникшего по зоне разлома в толщу осадочных отложений. Он, по-видимому, наиболее соответствует представлениям о батолите², которые развивал австрийский геолог Э. Зюсс.

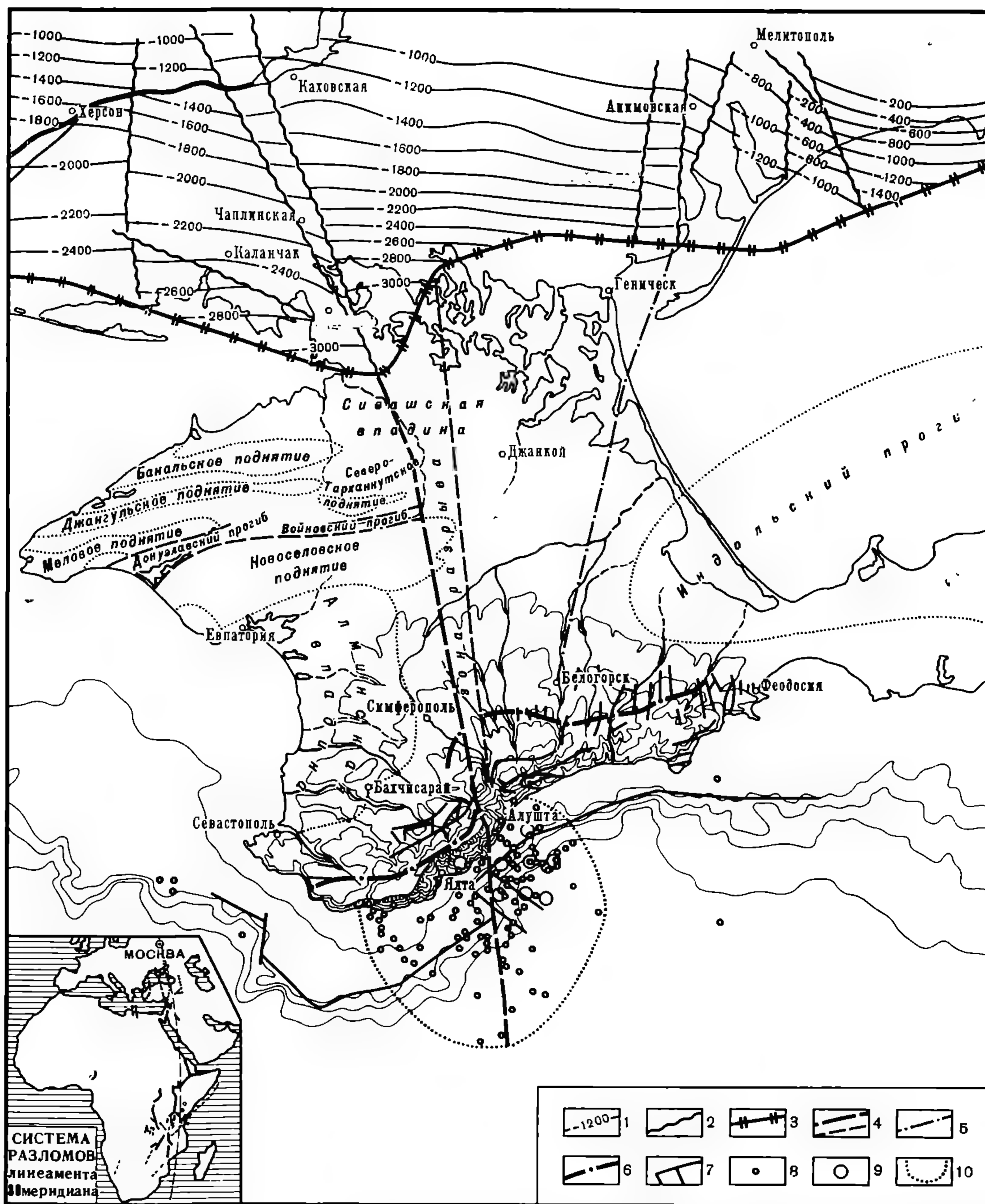
С большинством из известных батолитов земного шара связаны месторождения разнообразных рудных полезных ископаемых. Поэтому есть основание предполагать, что Крымский батолит окажется рудоносным. Если данный прогноз справедлив, то для геологов, изучающих этот интереснейший уголок нашей страны, наступает совершенно новая эра в освоении минеральных богатств его недр, далеко еще не раскрывших свои тайны.

Геофизические исследования методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ), проводившиеся в Крымском побережье Ю. П. Непрочновым (1962), показывают, что уже в десятке километров к югу от Ялты верхи земной коры во впадине Черного моря сложены толщей осадочных пород (типа флиша таврических сланцев), а с глубины 10 км — базальтами. Далее к югу мощность таких осадочных отложений непрерывно воз-

¹ Диапировая складка — антиклинальная складка, ядро которой протыкает вышележащие слои. Дайка — интрузивное тело, ограниченное параллельными стенками, образованное магмой при заполнении вертикальных или наклонных трещин в земной коре.

¹ Здесь, вероятно, находился тот вулканический центр, из которого с альбского времени по сарматское распространялись на юго-западный Крым пепловые выбросы.

² Батолит — очень большой массив магматической породы неправильного очертания, обычно гранитоидного состава, образовавшийся глубоко в земной коре.



Тектоническая схема Крыма: 1 — изогипсы поверхности докембрийского фундамента; 2 — тектонические нарушения; 3 — граница Русской платформы; 4 — зона срединного разрыва Крымского полуострова; 5 — Белогорско-Мелитопольское тектоническое нарушение; 6 — оси «синклиноризов» (по М. В. Муратову); 7 — подводные «сбросы и сдвиги» (по А. Д. Архангельскому); 8 — эпицентры Крымских землетрясений (по А. Я. Левицкой); 9 — эпицентры повышенной интенсивности; 10 — граница Ялтинского сейсмического района

растает, достигая в центральной части ванны моря почти удвоенной величины.

Иными словами, сейсмические исследования показывают, что обнажающиеся на берегу моря у Ялты породы нижнего этажа Крымских гор — сильно перемятые таврические сланцы. На дне моря глубинным зондированием отмечается толща пород, соответствующая по физическим свойствам осадочным отложениям. Кроме того, наблюдаемому на полуострове нарастанию к югу мощности таврических сланцев в море соответствует нарастание в том же направлении толщи мягких отложений, достигающих в 100 км от Ялты мощности почти 15 км. К югу от верхнеюрского барьерного рифа глубинное сейсмическое зондирование не отмечает в строении морского дна каких-либо плотных пород, которые можно было бы отнести к своду антиклинория или его южному крылу. Наконец, с приближением к Ялтинскому берегу подъем до 10 км поверхности «базальтового» слоя указывает на отсутствие у Крымских гор складчатых корней, столь характерных для геосинклинальных горных сооружений. Последнее находится в полном соответствии с гравиметрическими данными, отмечающими под Горным Крымом широтную полосу высоких положительных аномалий.

Таким образом, существовавшая к югу от барьерного рифа суша представляла собой большой самостоятельный массив, сложенный из осадочных пород типа таврического флиша. Этот массив, отделенный от зарождавшегося барьерного рифа неглубоководной лагуной, в дальнейшем энергично разрастался в северном направлении и давил на Крымский край Скифской платформы, особенно сильно в ее Аюдаг-Меганомском участке. Здесь под этим давлением произошел в готеривский век¹ значительный сдвиг восточной половины Крымского полуострова (А. А. Борисяк, 1911) в северном направлении.

Южная суша, к которой с конца верхнеюрского времени приключился Крымский барьерный риф, высоко поднималась над ним и распространялась до пределов Малой Азии. Только в конце четвертичного периода эта обширная суша (Понтида по Б. Ф. Добрынину, 1922) по широтному разлому оторвалась от чуждой ей по природе Скифской платформы и погрузилась в глубины Чер-

ного моря. Воды моря с этого времени подошли вплотную к обрывам барьерного рифа, ставшего становой грядой Крымских гор (Д. В. Наливкин, 1962). В четвертичное время, до отрыва Понтиды от Крыма, ее большие высоты явились ареной возникновения обширного, отмеченного рядом исследователей оледенения, спустившегося на Горный Крым.

Независимость Крымских гор от Понтиды сказалась и в их дальнейшей различной судьбе. В то время как достигавшее большой высоты поднятие Понтиды с инверсией тектонического процесса в послеледниковое время все шире и глубже погружалось, Крымские горы, наоборот, поднимались все выше. Этот различно направленный процесс еще не закончился.

ПРИРОДА И СТРУКТУРА КРЫМСКИХ ГОР

Очертания Крымского горного сооружения в плане (по 100-метровой изогипсе) совпадают с контурами области высоких положительных аномалий силы тяжести. Эти аномалии указывают на неглубокое залегание под осадочным чехлом Крымских гор равновеликого и подобного им батолита.

Изверженные породы Крымского плутона были интродуцированы, в основном, в среднеюрское время по намечающейся вдоль Южного берега зоне глубинного разлома, под мощным давлением магматических недр. Основная масса этой интрузии, по всей вероятности, в виде огромного овального лакколита (или группы слившихся лакколитов)



Рифовые биогермы у города Судака

¹ Готерив — второй снизу ярус нижнего отдела меловой системы.



Южный обрыв барьерного рифа Демерджи-Яйла

распространилась в пределах подошвы таврической формации от зоны разлома в северном направлении. Они, по-видимому, и обусловили своей формой современные очертания Крымского горного сооружения. Однако формирование Горного Крыма и его современного рельефа началось только в конце неогеново-четвертичного времени.

Таким образом, Крымские горы — не северный край геосинклинального сооружения, основная часть которого якобы погрузилась под уровень Черного моря. Это — южный, дислоцированный край Скифской платформы, сложенный мезозойскими отложениями, приподнятыми по этому разлому крупной интрузией. Упругие свойства горных пород, слагающих свиты, подвергшиеся дислокации, определили характер их деформаций. Толща неподатливых пород, в основном смещались по разломам. Мягкие породы, помимо разрывов, подвергались сложному смятию и выдавливанию по разломам. Но эти формы не имеют глубоких корней, а только деформируют осадочный чехол, лежащий на массиве неглубокой интрузии. Этим объясняется столь различный характер структур восточной и западной частей Главной гряды, резко различающихся составом слагающих их отложений.

Лежащая в основании Крымского горного сооружения мощная толща сланцев таврической формации реагировала на возникавшие в ней напряжения главным образом пластическим выдавливанием. Оно и привело к об-

разованию в Горном Крыму крупных поднятий, сложенных перемятой таврикой (Качинского, Туакского), и перманентному возобновлению оползней на крутых склонах Южного берега.

ОТ ДРЕВНЕЙ ПОНТИДЫ К ПОНТУ ЭВКСИНСКОМУ

Около 140—150 млн. лет тому назад, в среднеюрское время, в районе современного Черного моря существовала суша, омываемая с юга и с севера водами Тетиса — обширного Средиземного моря, протягивавшегося от Атлантики до Гималаев. Она поднялась из вод Тетиса по зоне огромного

срединного разлома земной коры (намечающегося в поясе 45 параллели Евразии), по-видимому, под воздействием притока со стороны тяжелых подкоровых масс. На северной окраине этой среднеюрской суши подкоровые массы, очевидно, тогда же были выдавлены по разломам, проходящим вдоль Южного берега Крыма, в верхнюю часть земной коры, образовав в ней крупный неглубоко залегающий магматический массив — батолит.

Этот этап бурного магматического прилива к срединным разломам вскоре сменился отливом. Поднявшаяся в области Черного моря суша начала медленно погружаться, и тогда на мелководье у ее северной окраины поселились колонии рифообразующих морских организмов. С опусканием суши они все выше поднимали к поверхности моря свои рифовые постройки, пока не достигли предельных высот Яйлы. В это время процесс опускания суши, очевидно, сменился новым подъемом, и рифовые постройки стали расти уже не ввысь, а регрессируя в северном направлении, куда смещалось отступавшее море.

Так образовался многоэтажный рифовый барьер, составляющий Крымскую Яйлу в Главной гряде.

Затем, в начале мелового времени, около ста миллионов лет тому назад, батолитовый фундамент Крымских гор оказался разорванным по древнему меридиональному шву земной коры, проходящему через середину полу-

острова, и его восточная половина далеко сдвинулась к северу. Этот разрыв и смещение, возможно, произошли под напором суши, развивавшейся на месте Черного моря. Глубина сдвига охватила, очевидно, всю толщу осадочных отложений земной коры вплоть до кристаллического фундамента, и смещение к северу распространилось далеко за пределы Крыма (об этом можно судить по характерному изгибу границы Русской платформы, прилегающей к Крымскому полуострову).

В то же время толщи галечников, песков и глин, накопившихся одновременно с образованием известнякового рифового барьера, к востоку от него оказались сорванными с поверхности батолита и смятыми в бескорневые складки.

После этих революционных для территории Крыма событий еще в течение многих миллионов лет происходили относительно спокойные погружения и поднятия Крымского участка земной коры. Они сопровождались то наступанием моря с размывом уже оформившихся частей Крымской суши, то отступанием его и накоплением на поверхности толщ более молодых отложений. Суша, Понтида, занимавшая впадину Черного моря, высоко (до 4—5 м) поднявшись над уровнем моря, соединила Крым с Колхидо-Анатолийским побережьем Малой Азии.

Возможно, такой интенсивный подъем суши произошел за счет притока в этот район подкоровых масс, которые изостатически вытеснялись с севера Евразии нагрузкой льдов великого оледенения, развивавшегося в конце третичного времени.

Понтида, как высокогорный мост, связавший Крым с Малой Азией, просуществовала до конца куяльницкого века (2—3 млн. лет тому назад). Затем оледенение Севера пошло на убыль. Наметился обратный отток подкоровых масс и началось новое погружение в области Черного моря, еще не завершившееся полностью и в наши дни.

Подобно Понтиде, под воздействием тех же причин возникали и исчезали геологически недолговечные суши и на других участках средиземноморского пояса. Они известны под разными именами: Пропонтида, Эгеида, Мавританида, Атлантида... Все они могли появляться на одном и том же древнем пульсирующем широтном шве земной коры, который некогда обусловил и широтное простираание средиземных морей системы Тетис.

Профессор С. А. Ковалевский

*Институт минеральных ресурсов
(Симферополь)*

УДК 551 1/4; 551.24

**Заметки,
Наблюдения**

ЧАЙ—СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ

Однажды я выбросил остатки спитого чая в горшочек, где были посажены побеги алоэ (столетника) и красный перец. Через 20 дней я заметил, что те растения, около которых были кучки чая, обгоняют в росте другие. Заинтересовавшись этим явлением, я в течение двух лет проводил опыты с комнатными растениями. В две разные кадushки рассаживал перец, алоэ, герань, розы. Остальные условия их роста — состав почвы, поливка, температура, световой режим — были одинаковы. Разница состояла лишь в том, что одну кадushку каждые три дня, вместо обычной воды, поливали чайной настойкой (3 г на 1 л, чай кавказский). Интересно, что действие этого стимулятора лучше всего проявлялось в начале роста растений (приблизительно через 10 дней после появления ростков или посадки отводков).

Через три месяца опытные растения были в среднем на 20% выше, чем те, которые поливали простой водой. Стебли у них были толще, листья крупнее и число их больше, а плоды красного перца созрели на 10 дней раньше и были крупнее.

На второй год, вместо поливки, в одной из кадushек я наложил слой уже использованного сухого чая, толщиной в 0,5 см и поливал обычной водой. Результаты были несколько хуже, чем при поливке чайным настоем.

Было бы интересно проверить действие этого «стимулятора» на различные растения в различных условиях поливки и в разные периоды их жизни.

П. А. Наумов

Вологодская обл., дер. Дор

ИЗМЕНЕНИЕ РАДИОСИГНАЛОВ С ЮПИТЕРА

Наблюдения за радиосигналами, излучаемыми Юпитером из четырех различных пунктов, все более подтверждают предположение, что эта самая большая планета солнечной системы довольно резко изменила скорость вращения вокруг своей оси. Такое предположение впервые было выдвинуто радиоастрономом профессором Алексом Г. Смитом из университета штата Флорида.

Источники радиосигналов на Юпитере дают постоянно направленное излучение и при вращении планеты эти направленные радиоволны, подобно лучу прожекторов, рассекают мировое пространство. Радиосигналы уже в течение нескольких лет точно измерялись на Земле, и в какой-то момент было замечено резкое изменение скорости вращения источников направленного радиоизлучения. Произведенные измерения показали, что вращение замедляется на 1,3 сек. «Если эти радиосигналы излучаются какой-нибудь твердой частью планеты, — говорит проф. Смит, — то это довольно основательно наводит на мысль, что или сама планета или по крайней мере ее ядро резко изменило скорость своего вращения».

Изменение в скорости вращения, равное 1,3 сек. на 10 масс вращения Юпитера вокруг своей оси, с точки зрения небесной механики маловероятно для такой большой планеты, как Юпитер. Однако проф. Смит указывает, что почти такое же колебание наблюдается в скорости вращения большого красного пятна — единственной неизменной точки на Юпитере, которое остается видимым для астрономов.

*«Radio Electronics», v. 35, 1965, № 7, p. 10
(США)*

СОЛНЕЧНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гигантская солнечная печь мощностью 1000 кв будет сооружена в Восточных Пиренеях, близ Монлуиса. Она предназначена для испытания материалов, применяемых в космической тех-

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ БИОНИКИ

ВТОРАЯ ВСЕСОЮЗНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО БИОНИКЕ

В декабре 1965 г. в Москве состоялась Вторая всесоюзная конференция по бионике. Ряд ее участников рассказал нам о наиболее интересных и перспективных направлениях в развитии бионики и ближайших задачах этого нового научного направления.

Председатель оргкомитета Конференции чл.-корр. АН СССР *Б. С. Сотсков* сообщил, что в ней приняло участие около 1000 человек, представлявших многие города нашей страны. Было заслушано свыше 100 докладов, некоторые из них вызвали оживленные прения.

Особое значение имело установление личных контактов между учеными разных специальностей и между исследователями, ведущими работы на близкие темы. Нужно отметить, что многие участники конференции подчеркивали важность координации работ по бионике в масштабах всей страны. Такая координация осуществляется Объединенным бюро секций бионики при Научном Совете по кибернетике АН СССР. В нее входят представители секций бионики академий наук союзных республик и научно-технических обществ. Однако речь должна идти, по-видимому, о большем.

В. В. Чавчанадзе (Тбилиси), например, подчеркнул, что успешное развитие бионики, как, впрочем, и других отраслей современного естествознания, требует подготовки научных кадров, создания научно-исследовательских институтов, обеспечения материально-технической базы экспериментальных работ и необходимых средств информации. Нельзя ограничиваться полумерами — усилением одного института или двух-трех конструкторских бюро, занятых исследованиями в области бионики.

Эта наука, сказал *В. В. Чавчанадзе*, будет быстро развиваться, какими бы скромными ни казались ее практические достижения сейчас. Человек не может не перейти от машин, приборов, устройств, лишенных способности самоусовершенствования, обучения и пр., к новому веку техники, где буквально все машины и устройства будут обладать в определенной степени в нужных сочетаниях свойствами биологических объектов. Уже через 20—25 лет нам будут казаться чуждыми и странными неадаптирующиеся машины, приборы, технические системы. Однако переход к таким машинам и системам машин предполагает бурное развитие бионики.

Проф. Н. П. Наумов (Москва) отметил, что, хотя непосредственный вклад бионики в развитие техники пока что скромный, главное условие для ее успешного развития — это творческое сотрудничество различных наук. А в этой области за пять лет официального существования бионики сделано уже очень много.

Что касается значения различных направлений бионических исследований, то, естественно, каждый участник совещания акцентировал внимание на близких ему вопросах. И поскольку мы можем привести здесь лишь несколько высказываний по этому поводу, картина будет неполной.

Проф. Н. П. Наумов развил идею о биологических макросистемах как объектах бионических исследований. Наша группа, сообщил он,

заинтересовалась изучением рецепции сигналов, средств связи, объединяющих различные организмы в те сложные и стройные системы, которые мы называем популяциями отдельных видов или сообществами (биоценозами) разных видов. Эти системы известны под именем «биологических макросистем», каждая из которых живет своей собственной жизнью.

Мы должны не только понять закономерности развития биоценозов и популяций, но и научиться управлять ими путем технического воспроизведения звуковых, световых, химических, электрических и других сигналов, что имеет огромное значение для успешной борьбы с вредителями, для рационального использования естественных ресурсов и, наконец, для организации охраны природных богатств.

Коллектив, руководимый проф. Я. А. Винниковым (Ленинград), работает в области морфологии и цитохимии органов чувств. Поразительное сходство эволюции структурной и цитохимической организации рецепторных клеток органов чувств у всех животных нашей планеты позволяет уже сейчас, по мнению проф. Я. А. Винникова, поставить задачу моделирования универсального сенсорного датчика. В самом деле, восприятия самых разнообразных видов энергии внешней среды: фотонов, энергии молекул пахучих и вкусовых веществ, гравитации, звука и т. д. всегда осуществляются при помощи одинаково «сконструированной» подвижной антенны, содержащей, как правило, 9 периферических и 2 центральных фибриллы. Периферические фибриллы состоят из сократимого белка, в состав которого входит фермент аденозинтрифосфатаза. Ее взаимодействие с основным энергетическим веществом живых организмов — аденозинтрифосфатом обуславливает способность этих фибрилл к автоматическому сокращению. Движение антенны характеризует активность сенсорного акта, непрерывные поиски того или иного вида энергии внешней среды и обеспечивает наилучшие условия взаимодействий или контакта с ней. Но не только движение антенны определяет сущность сенсорного акта. Во время этого движения происходит взаимодействие энергии внешней среды с поверхностью антенны, которая покрыта белково-липидной мембраной толщиной в 75—100 Å. Эта мембрана путем значительного увеличения своей поверхности может образовывать ряд правильных складок, в которых, например в зрительных клетках, осуществляется взаимодействие фотона с особым светочувствительным веществом — родопсином. Под воздействием энергии одного фотона молекула родопсина распадается на ретиналь — альдегид витамина А и белок опсин. Этой реакции, в конечном счете, достаточно для общего возбуждения зрительной клетки и передачи сигнала в закодированном виде в центральную нервную систему. Для возбуждения слуховых клеток достаточно взаимодействия фермента ацетилхолинэстеразы, содержащегося в их антеннах, с ацетилхолином. Какие вещества паходятся в мембранах антенн обонятельных и других сенсорных клетках, нам пока неизвестно. Но мы полагаем, сказал в заключение Я. А. Винников, что при попытке моделирования сенсорных датчиков нужно исходить из универсальности структуры и функции подвижных антенн-рецепторов и химической специализации покрывающих их мембран.

Нейрофизиологическая лаборатория Ростовского университета, сказал проф. А. Б. Коган, работает в области изучения нейронной организации функциональных систем мозга. Такие исследования ведутся во многих лабораториях Советского Союза и за рубежом. На Конференции были сообщены новые интересные факты о свойствах нервных

нике, а также для проведения ряда научных исследований. Эта сверхмощная печь собирается из 11 тыс. зеркал. От них солнечные лучи будут отражаться на огромное параболическое зеркало 45 м высоты и 60 м длины.

«Industriecurier», 1965, № 29 (7), S. 111 (ФРГ)

МАГНИТНЫЕ ЛИНЗЫ НА СВЕРХПРОВОД- НИКАХ

В лаборатории Комиссии по атомной энергии США сконструированы и испытаны новые четырехполюсные магнитные линзы с использованием в магнитной системе сверхпроводящих материалов. Несмотря на свои относительно небольшие размеры, линзы создают градиенты магнитного поля до 10 килогаусс на сантиметр.

Новые линзы используют магниты из сплава ниобия с оловом и охлаждаются жидким гелием до температуры 4° Кельвина. Испытания линз в лаборатории показывают, что вполне возможно создать системы с еще более высокими градиентами поля. Такие линзы дадут возможность получать пучки заряженных частиц и фокусировать их на гораздо более коротких расстояниях, чем это возможно в настоящее время. Другое преимущество новых сверхпроводящих магнитных линз — небольшое количество потребляемой электроэнергии.

«Chemical and Engineering News», v. 43, 1965, № 37, p. 55 (США)

ПРЕПАРАТ, РАСТВОРЯЮЩИЙ ТРОМБЫ

В Японии разработан препарат, растворяющий кровяные тромбы. Этот препарат содержит урокиназу и оказывает эффективное действие при лечении вызванных тромбозом инсультов и сердечных приступов. Из-за трудности получения в настоящее время достаточного количества урокиназы выпуск нового препарата составляет сейчас всего 3000 мг в день, чего хватает только на 200 впрыскиваний. Однако в ближайшее время предполагается увеличение его производства.

«Chemical Week», 1965, № 12, p. 107 (США)

ПОДЗЕМНЫЙ ФОТОГРАФ

Сотрудники кафедры геодезии Краковской горнометаллургической академии создали фотограмметрический зонд, служащий для фотографирования геологических пластов в буровых скважинах. Полученные при его помощи фотографии помогают геологам в их исследованиях.

Зонд имеет цилиндрическую форму и в его верхней части помещен малоформатный фотоаппарат. Источником света служит лампа-вспышка. Коническое зеркало, находящееся ниже фотокамеры, проецирует изображение непосредственно на объектив и позволяет запечатлеть на одном кадре весь участок скважины. Устройство снабжено специальным компасом, который дает возможность ориентировать в пространстве заснятые пласты. Управление фотоаппаратом производится с поверхности. Специальный увеличитель позволяет получить на позитиве правильное изображение стенок скважины, искаженное коническим зеркалом.

«Польское обозрение», 1965, № 49, стр. 17

ОПЕРАЦИЯ НА МОЗГЕ

Как сообщает журнал «Science News Letters» (v. 78, 1965, № 14, p. 213), токийский нейрохирург д-р Тацуюки Кудо во время хирургической операции на мозге понижал его температуру до 6° С, что позволило ему втрое продлить время операции. При этом он охлаждал мозг, не затрагивая остального кровообращения и не применяя аппарата «сердце — легкие» или антикоагулирующих препаратов. Д-р Кудо оперировал шесть человек, трое из которых живы. По окончании хирургического вмешательства зажимы удаляются и мозг начинает согреваться собственной кровью пациента. Одновременно производится поверхностное согревание тела.

Практическая возможность глубокого охлаждения мозга была установлена группой японских врачей в 1961 г. в опытах на 130 собаках; эти опыты показали, что при переохлаждении мозг может оставаться частично живым 7—8 час.

клеток коры мозга, имеющих разные функции, об особенностях их взаимоотношений и о новых моделях нейронов и их «памяти». Были предложены также новые способы математического построения моделей нервных систем. На основании изучения синаптического аппарата нервной клетки высказано предположение о возможности опознания сигнала на выходе нейрона. В своем докладе проф. А. Б. Коган главное внимание уделил дальнейшей разработке гипотезы вероятностно-статистической организации нейронов в функциональные системы мозга. Она объясняет высокую надежность работы мозга. В технике такой принцип устройства систем пока не используется. Но проф. А. Б. Коган не исключает возможности, что именно этому принципу организации сложных систем принадлежит будущее.

Теорией моделирования реальных нейронных сетей мозга заняты и коллектив ученых, руководимый В. В. Чавчавадзе.

Существенно то обстоятельство, сказал в заключение Б. С. Сотсков, что значительная часть ученых, занимающихся бионикой, составляет молодежь.

В ближайших номерах «Природы» предполагается поместить несколько статей по наиболее важным проблемам бионики, обсуждавшимся на Конференции.

ДОКЛАД МОЛОДОГО УЧЕНОГО НА ЗАСЕДАНИИ ПРЕЗИДИУМА АН СССР

Входит уже в традицию начинать заседание Президиума Академии наук СССР с сообщения, посвященного актуальной проблеме, открытию или гипотезе в науке.

21 января 1966 г. на заседании Президиума слово для такого научного сообщения было предоставлено молодому доктору физико-математических наук, ученику чл.-корр. АН СССР И. Р. Шафаревича, Ю. И. Манину.

Ю. И. Манин родился в 1937 г., окончил аспирантуру при МГУ и был включен в число сотрудников отдела алгебры Математического института АН СССР. В возрасте 24 лет он защитил кандидатскую, а в 26 лет — докторскую диссертацию. 27-летний талантливый математик был приглашен прочесть курс лекций в Пизанском университете (Италия).

Доклад Ю. И. Манина на заседании Президиума был посвящен гипотезе Морделла. Общий вид целых решений x, y, z неопределенного уравнения $x^2 + y^2 = z^2$, или, что все равно, рациональных решений уравнения $\xi^2 + \eta^2 = 1$ был известен еще в древности. Относительно



Ю. И. Манин

рациональных решений уравнений с двумя неизвестными 3-й степени известна теорема Пуанкаре — Морделла, что все решения (а их бесконечно много) получаются из некоторого конечного числа из них (базис Пуанкаре) при помощи сложения и вычитания соответствующих им значений некоторого вводимого в задачу параметра.

Существует предположение Морделла, что число рациональных решений двойных неопределенных уравнений высших степеней (собственно высших «рангов») всегда конечно. Это предположение пока не доказано и не опровергнуто. Ю. И. Манин решил аналогичный (но более простой) вопрос о функциональных решениях таких уравнений. Доклад молодого талантливого математика вызвал у присутствующих большой интерес.

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. Делоне

МЕЖДУНАРОДНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА

Выявление общих закономерностей важнейших биологических процессов, происходящих на земном шаре, становится невозможным без широкого участия большого числа ученых, проводящих свои работы в различных районах нашей планеты. Сейчас совместными усилиями ученых более 45 стран, в том числе и Советского Союза, будет осуществляться Международная биологическая программа (МБП).

В ее основу положено изучение биологической продуктивности наземных сообществ, для оценки возможностей получения в различных климатических, почвенных и растительных зонах земного шара тех органических веществ, которые необходимы для жизни современного человека. Сюда входит оценка естественных ресурсов растительного и животного мира, повышение урожайности важнейших возделываемых сельскохозяйственных растений, организация правильного и наиболее эффективного использования лугов, пастбищ, лесов и т. д. В широком смысле слова Международная биологическая программа — это разработка научных основ наиболее рационального использования природных биологических ресурсов. При проведении МБП предполагается уделить особое внимание исследованию все возрастающего отрицательного влияния человеческой деятельности на естественные сообщества растений и животных для того, чтобы иметь возможность избежать неблагоприятного последствия этого влияния (сокращение рыбных богатств, снижение лесных площадей и т. п.). Главная задача программы — создание научной базы для ведения сельского и лесного хозяйства, которая бы позволила обеспечить непрерывно увеличивающееся население Земли растительной и животной пищей.

Одним из первых этапов работы советских ученых в проведении МБП явилась организация в Ленинграде Советским национальным комитетом по МБП совещания о биологической продуктивности наземных растительных сообществ. На нем обсуждались вопросы, касающиеся исследований процессов фотосинтетической деятельности растительного покрова (доклады проф. А. А. Ничипоровича, О. В. Заленского и др.). Повышение интенсивности фотосинтеза, более эффективное

БАБОЧКИ — ПЕРЕНОСЧИКИ ИНФЕКЦИЙ

Роль насекомых в передаче инфекционных заболеваний давно известна. Однако не все отряды насекомых равноценны в этом отношении. На первом месте стоят двукрылые (мухи, комары), блохи и далее вши (последние передают по 2—3 заболевания, а первые — около 30). Но бабочки до сих пор считались непричастными к такого рода передачам. В Камбодже ночница (бабочка-совка) *Lobocraspis griseifusa* систематически садится вокруг глаз болотных и домашних буйволов, до 12 штук на один глаз. Запуская свои хоботки под веко, бабочки сосут слезную жидкость, нередко с гноем и кровью. К ним присоединяется и бабочка из рода *Arcyrophora* (*A. sylvatica*). У лобокраспис сравнительно короткий, сильный хоботок, конец которого снабжен встречными хитиновыми шипами и пилочками, помогающими проникать в ткань века.

Считают, что родственные виды бабочек в Африке переносят инфекционный конъюнктивитовец. Перелетая с больных глаз на здоровые, они тем самым заражают все новых и новых животных¹.

В Камбодже и в Таиланде, кроме двух упомянутых видов, обнаружены еще 23 других, более или менее регулярно и постоянно сающихся на глаза парно- и непарнокопытных (В. Бюттикер, 1965). Среди этих бабочек представители семейств совков, молей, огневок и даже высших бабочек-голубянок.

М. Я. Асс

Брестский педагогический институт

ЖИР ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Пищевой жир можно извлекать из обыкновенной древесины, соломы и даже из сточных вод — отходов бумажного производства. Об этом свидетельствуют эксперименты, проведенные в Гданьском политехническом институте. В роли главных «жироделов» в новом процессе производства питательного продукта из подобного

¹ См. «Angewandete Parasitologie», 1965, Н. 3, S. 192.

сырья выступают микроорганизмы — плесень и дрожжи. На их долю выпадает осуществление естественного синтеза. В процессе биосинтеза углеводы, содержащиеся в древесине, соломе или сточных водах, превращаются в жиры. Но прежде всего исходное сырье подвергают гидролизу. При этом происходит распад древесины на более простые элементы. Приготовленную таким образом питательную среду помещают в специальный вентилируемый резервуар с водой, куда далее и вводят колонию микроорганизмов, которые создают для дальнейшей переработки полуфабрикат, содержащий до 50% жира. Он в свою очередь отличается большим содержанием так называемого вещества NNTK, замечательного тем, что способствует устранению из человеческого организма холестерина, который, как известно, служит одной из причин заболевания атеросклерозом. Таким образом, жиры — опасные враги наших кровеносных сосудов, могут стать высокоэффективными лекарственными средствами.

Полученные жиры по своим питательным и вкусовым качествам напоминают кокосовое масло или же масло из какао-бобов. Кроме того, новый метод открывает широкие возможности в производстве искусственных жиров специального назначения. Так, были получены стиролы, исходный продукт для производства ряда гормонов и витаминов.

ВСПЫШКИ ЯРКОГО СВЕТА И КОМАРЫ

По сообщению д-ра Риордани, сотрудника министерства сельского хозяйства в Онтарио, канадские ученые обнаружили, что быстрые вспышки яркого света могут быть использованы для борьбы с комарами, осами и другими насекомыми. Так, например, одна яркая вспышка, возникающая при зажигании магния (применяемая в фотографии при недостаточном свете), убивает 26% скопления комаров, одновременно стерилизуя остальную их массу. Предполагается, что скоростной яркий свет воздействует на внутреннюю химическую среду насекомых.

«VDI — Nachrichten», 1965, № 49, S. 5 (ФРГ)

использование растениями солнечной энергии в результате целенаправленной деятельности человека — основной путь повышения продукции органического вещества в искусственных растительных сообществах, а также в природных сообществах, перестраиваемых под влиянием человека.

В докладе чл.-корр. АН СССР В. А. Ковды были приведены убедительные данные о больших возможностях получения пищевых продуктов за счет распашки целинных земель, расширения применения удобрений и выращивания селекционных сортов сельскохозяйственных растений.

На одном из симпозиумов обсуждались вопросы минерального питания растений и биологического круговорота химических элементов в растительных сообществах (доклады Н. И. Базилевич, Л. Е. Родина и др.). Выявление роли отдельных химических элементов и управление минеральным питанием растений — другой путь повышения продуктивности растений. На Совещании были намечены дальнейшие пути и перспективы этих исследований. Девиз МБП — увеличение биологической продуктивности в целях повышения благосостояния человечества — несомненно будет способствовать объединению биологов всех стран в их стремлении использовать достижения биологии на благо человечества.

Р. М. А л е к с а н
Кандидат биологических наук
Москва

ЛАЗЕРНАЯ ИСКРА В ВОЗДУХЕ

В Физическом институте АН СССР группа научных сотрудников (С. Л. Мандельштам, П. П. Пашинин, А. М. Прохоров, Ю. П. Райзер и Н. К. Суходрев) произвела интересное исследование разряда в воздухе, возникающего под действием фокусированного излучения лазера.

Это излучение благодаря своей когерентности может быть сконцентрировано оптической системой в очень малом объеме. Напряженность электрического поля световой волны в таком объеме становится настолько большой, что при достаточной мощности лазера происходит явление типа электрического пробоя в газах. В фокусе линзы возникает яркая световая вспышка, сопровождающаяся характерным резким хлопком, очень напоминающая обычную электрическую искру (рис. 1), вытянутую вдоль луча и имеющую своеобразную веретенообразную форму. У светящейся области длина 10 ÷ 15 мм и диаметр несколько миллиметров.

Наряду с оптическим, исследовалось и мягкое рентгеновское излучение, которое возникало при рекомбинации ионов азота и кислорода. По его интенсивности можно было определить температуру плазмы — около 700 000°K, что находится в хорошем согласии с теоретическими расчетами.

По доплеровскому смещению спектральной линии можно утверждать, что фронт искры движется навстречу лучу со скоростью око-

ло 100 км/сек. Это может быть объяснено тремя механизмами: гидродинамическим, световым и механизмом последовательного пробоя.

При гидродинамическом механизме воздух, нагретый в области начального пробоя, расширяясь, посылает вдоль светового канала навстречу лучу ударную волну (так же как и в других направлениях). В ударной волне газ нагревается до высокой температуры, ионизируется и приобретает способность сильно поглощать свет. Таким образом, зона интенсивного поглощения луча и энергосвечения дви-

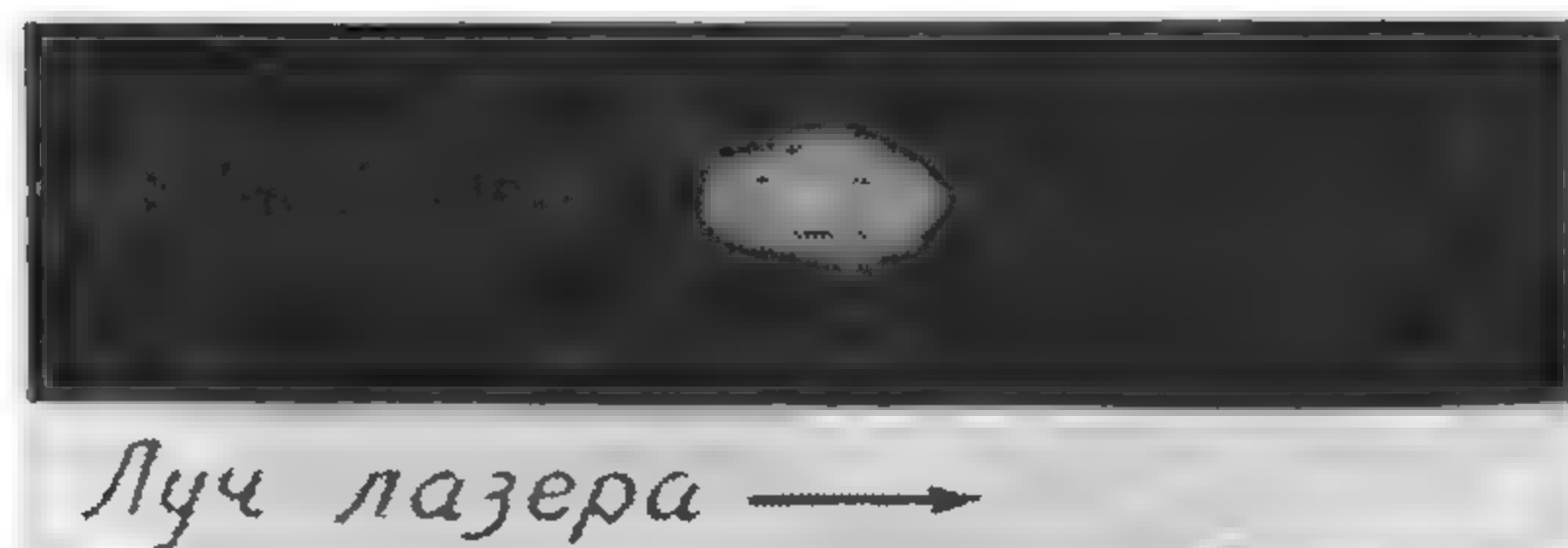


Рис 1. Фотография искры в воздухе

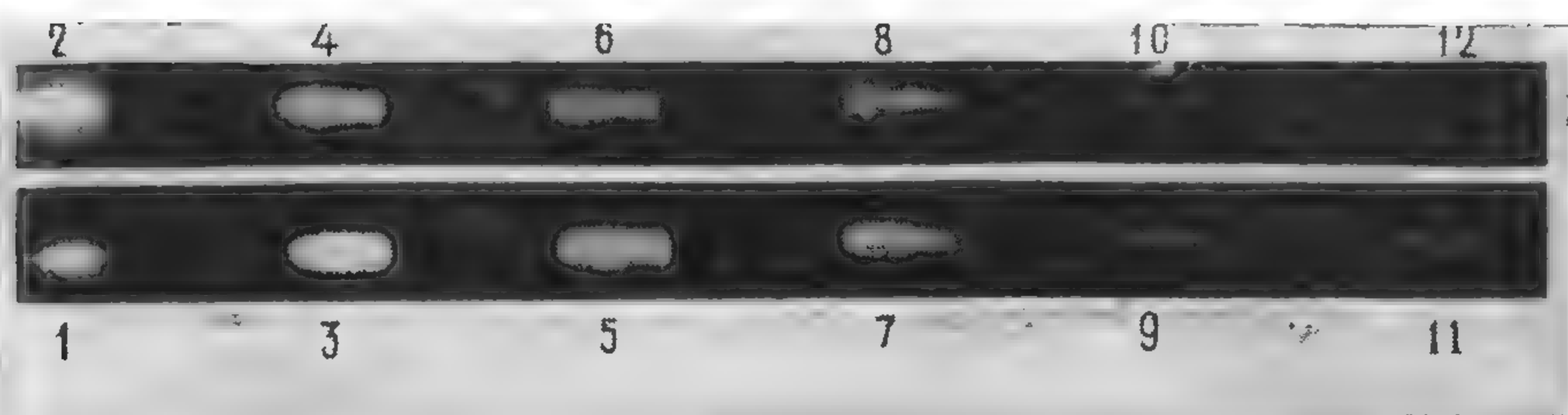


Рис.-2. Скоростная фотография искры в воздухе (625 тыс. кадров в секунду)

жется по световому каналу навстречу лучу вслед за ударной волной, подобно тому, как это имеет место в детонационной волне.

Световой механизм заключается в том, что коротковолновое излучение воздуха, нагретого в области начального пробоя, ионизирует прилегающие слои и они приобретают способность поглощать свет. Это приводит к прогреву прилегающих слоев за счет энергии лазерного луча, и в результате область высокой температуры и повышенной ионизации движется вдоль светового канала.

При механизме последовательного пробоя за счет нарастания во времени мощности лазерного луча область, в которой достигаются пороговые условия пробоя, распространяется со временем на более удаленные от центра фокуса участки, т. е. область пробоя движется вдоль светового канала.

Наибольшее значение в данных условиях эксперимента имеет, видимо, гидродинамический механизм, так как именно он дает те значения температуры, которые наблюдаются на опыте. Механизм последовательного пробоя наверняка можно считать несущественным, поскольку в нем скорость продвижения области ионизации должна сильно зависеть от фокусного расстояния линзы. В проведенных же опытах изменение фокуса от 75 мм до 25 мм не дало существенного изменения скорости.

Плазменный сгусток фотографировали при помощи сверхско-

НОВЫЙ АНТИБИОТИК

Профессор Иммунологического института в Загребе Круна Карович получила новый антибиотик, названный ЛБК. Он создан на основе ацидофильных бактерий, служащих для получения известного молочного продукта ацидофилина. За время десятилетних испытаний д-р Карович всесторонне проверила действие ацидофильного молока из ЛБК на подопытных животных — морских свинок, мышах, обезьянах. Животные, получавшие молоко ЛБК, прекрасно развивались. Самки, подвергшиеся облучению, дают нормальное потомство, в то время как у контрольных оно было больное и слабое.

ЛБК — сильнодействующий антибиотик, помогающий человеку даже в тех случаях, когда другие антибиотики не действуют. Хорошие результаты были получены при лечении различных воспалительных процессов, туберкулеза, гнойных ран, фистул, экзем, поноса.

Исследования показали, что молоко ЛБК содержит в себе антибиотик с широким спектром действия и фолиевую кислоту, служащую источником витаминов и долго сохраняющуюся в пищевом тракте.

Д-р Карович получила также ацидофильное молоко ЛБК в виде порошка, который можно длительно хранить.

«Свет», 1965, № 472, стр. 8
(Югославия)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ УРАГАНОВ

ВМС и Бюро погоды США начали совместные исследования, задача которых — осуществить на высотах от 300 до 1200 м контроль над образованием ураганов над западной Атлантикой и восточной частью Карибского моря, где формируются ураганы, систематически в сентябре и октябре опустошающие восточное побережье США.

Тщательно разработанная система обнаружения, в которой широко применяется электроника, позволит осуществить поиск тех тропических кучевых облаков,

которые служат признаком развития тайфунов. Затем самолеты произведут бомбардировку облаков кристаллами йодистого серебра. Ожидается, что она вызовет превращение водяных паров в кристаллы льда и в процессе этого превращения будет затрачиваться некоторая часть энергии, которая в противном случае может перейти в энергию шторма. Особенно интенсивно будут обрабатываться зоны, в которых уже началось формирование ураганов.

«Electronics», 1965 № 14. . 124 (США)

НЕОБЫЧНОЕ ВОЛОКНО

В Америке приступили к производству штапельного волокна из чистого азотистого бора. Это волокно, мягкое и пушистое наощупь, как и другие модификации азотистого бора, белого цвета и гексагональной кристаллической структуры, напоминающей структуру графита. Волокно можно нагревать до 497°C в окислительной атмосфере и до 1360°C в инертной атмосфере, и оно почти не разрушается.

Этот новый материал не боится действия большинства органических растворителей и агрессивных химических сред: его можно погружать в расплавленное железо, кремний, криолит, алюминий, медь и цинк, не опасаясь реакции; хлор практически на него не действует при температуре до 374°C . Предполагают, что благодаря своим замечательным физическим и химическим качествам новый вид волокна можно применять при улавливании пыли, пропуская горячие газы прямо через ткань. Кроме того, его можно использовать для армирования металлов, пластмасс и ряда других материалов. Наконец, поскольку это волокно имеет высокий модуль упругости, большую прочность на растяжение и высокую диэлектрическую проницаемость, оно найдет применение при изготовлении специальной защитной одежды.

«Chemical Engineering», v. 72, 1965, № 25, p. 106 (США)

ростного фоторегистратора с частотой съемки 625 тыс. кадров в секунду. На рис. 2 дано 12 последовательных снимков плазменного сгустка.

Изучение лазерной плазмы только начинается, поэтому еще рано говорить о ее практическом применении в физике или технике, но есть все основания ожидать, что в дальнейшем такие приложения появятся.

«ЖЭТФ», 1965, т. 49, вып. 1(7), стр. 127—133

КОМЕТА ИКЕЙА-СЕКИ (1965 f)

Комета 1965 f, открытая Икейа и Секи 18 сентября 1965 г., оказалась принадлежащей к семейству комет, члены которого обладают очень сходными орбитами и в перигелии пролетают близ солнечной поверхности. Комета Икейа-Секи имела перигельное расстояние в 1 160 000 км, т. е. она прошла на расстоянии менее 500 000 км от поверхности Солнца. Это произошло утром 21 октября 1965 г. около 7 ч. 20 м. по московскому времени. Экстраполяция оценок блеска кометы, сделанных в предшествующие дни, указывает, что в перигелии она должна была достигнуть минус 15 звездной величины. Но увидеть ее в это время удалось лишь немногим, так как она находилась вблизи края солнечного диска, теряясь в его ореоле, создаваемом рассеянием света в атмосфере. Только на Крымской астрофизической обсерватории удалось наблюдать и сфотографировать ее в этот день. На других обсерваториях погода не благоприятствовала наблюдениям. В Крымской обсерватории комету заметили около 10 час., когда она находилась на расстоянии около $0,5^{\circ}$ от края Солнца. И в этот день и на следующий день ее фотографировали, применяя светофильтр, пропускавший область около $6100 \text{ \AA}$ и сильно ослаблявший яркость фона неба.

Для наблюдателей в Западной Европе и Америке прохождение кометы через перигелий пришлось на ночные часы. Там ее наблюдали, когда она находилась на расстоянии $2-3^{\circ}$ от Солнца (при приближении к нему и во время удаления).

На обсерваториях Верхнего Прованса (Франция), Радклиффской (Южная Африка), Ловелловской и Ликской (США) удалось снять спектрограммы кометы или провести фотоэлектрическую регистрацию ее спектра. Были подтверждены и дополнены результаты визуальных наблюдений спектра кометы 1882 II, принадлежащей к тому же семейству: наблюдались линии Fe и Na, а кроме того линии K, Cu и ионизованного Ca. Как и у всех комет, заходящих внутрь орбиты Венеры, наблюдались линии Na. Молекулярные полосы почти не были заметны.

Американские ученые пытались получить спектр кометы в ультрафиолетовой области при помощи ракет, запущенных в Виргинии 19 и 21 октября. В результате получены спектрограммы в области $1410-2300 \text{ \AA}$, которые изучаются. Запуск ракеты с полигона Уайт Сэндс 20 октября для получения снимка кометы в ультрафиолетовых лучах не увенчался успехом из-за неполадок в фотографической аппаратуре.

В последних числах октября и в начале ноября комета снова стала видна невооруженным глазом на фоне утренней зари, и в эти дни ее

наблюдали и фотографировали на ряде южных советских обсерваторий. И глазом и на фотографиях ее хвост прослеживался в эти дни более чем на 20° . Он имел волокнистую структуру и напоминал закрученную веревку.

В начале ноября наметилось существование в ядре двух или трех конденсаций. По-видимому, ядро кометы Икейа-Секи (подобно ядру кометы 1882 II из того же семейства) разделилось в районе перигелия на несколько частей, которые затем очень медленно раздвигаются.

В ноябре южное склонение кометы все время возрастало, и к концу ноября ее можно было наблюдать только из экваториальных областей Земли и из Южного полушария. К началу 1966 г. ее блеск достиг до -10^m .

Б. Ю. Левин

*Доктор физико-математических наук
Москва*

БЕЛОК ИЗ УГЛЯ

На годовичном 15 съезде Американского химического общества сотрудники горного департамента сделали сообщение о микробиологическом синтезе протенина из угля. Как указывается, химический состав, примененный для размножения бактерий, сходен с химической средой при синтезировании протенина на отходах нефти. Подчеркивается значительная выгодность получения белка из угля.

*«Scientific American», v. 213, 1965,
№ 5, p. 52 (США)*

Снимки кометы Икейа-Секи. 1 — произведен 22 октября 1965 г. в 11 ч. 30 м. Крымская астрофизическая обсерватория АН СССР (А. Н. Бабин); 2 — 30 октября 1965 г. в 5 ч. Горная станция ГАО АН СССР (Кисловодск, М. Н. Гневышев); 3 — 8 ноября 1965 г. в 6 ч. 25 м. — 6 ч. 35 м. (Уссурийск, В. Ф. Чистяков)





О ПУТЯХ ПОЗНАНИЯ В БИОЛОГИИ

И. Т. Фролов

ОЧЕРКИ МЕТОДОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ (СИСТЕМА МЕТОДОВ БИОЛОГИИ)

Изд-во «Мысль», 1965,
286 стр., ц. 1 р. 05 к.

Интерес к достижениям современной биологической науки связан с расцветом этой области знания в наше время, важностью ее открытий и успехов в познании тайн живого. Не случайно возникает вопрос: как и какими путями, при помощи каких средств и методов познания достигнуты эти успехи и каким образом происходило становление научного мышления в процессе длительного исторического развития биологии? Рассмотрению проблемы формирования методов биологического исследования, характера их развития посвящена рецензируемая книга.

Работа представляет собой философские очерки по методологии биологического исследования, основанные на большом фактическом и теоретическом материале. Известно, что на вооружении современной биологии насчитываются десятки и сотни самых различных приемов и методов познания живого вещества. В специальной биологической и философской литературе еще слабо освещены вопросы соотношения этих методов, их познавательных возможностей и границ применимости, логической природы и т. д. Не случайно в учебной литературе вопрос о методах научного исследования либо замалчивается,

либо трактуется крайне противоречиво и непоследовательно. Автору удалось в некоторой степени ликвидировать этот пробел.

Первая глава книги посвящена анализу специфики объекта биологического исследования и основным формам, в которых оно осуществляется. Показана сложность самой биологической науки и характер совершающихся в ней процессов. Внимание читателей привлечено к тем препятствиям и опасностям, с которыми сталкивается биология в процессе познания. Трудности порождаются не только внутренними, реально существующими противоречиями, присущими любой науке, но и причинами мировоззренческого и философского характера. Сложность проникновения в тайны живой природы всегда использовалась идеализмом и метафизикой для различного рода антинаучных измышлений. На примере работ видных буржуазных ученых (А. Венцля, Ф. Дессауэра, М. Гартмана и др.) автор показывает, какие утонченные формы принимает современный идеализм и механицизм.

Для того чтобы преодолеть все эти препятствия на пути познания истины, указывает автор, необходимо руководствоваться правильной научной методологией, которой в наше время является философия диалектического материализма. В книге затрагивается ряд принципиально важных методологических вопросов, например, о месте философского знания в конкретном научном исследовании, о роли диалектического

метода в современной науке, его структурном расчленении и т. д.

В дальнейших главах последовательно рассматриваются в логическом и историческом плане частные биологические методы. Этот анализ начинается с исходного пункта биологического познания — наблюдения и тесно связанного с ним описания, систематизации и классификации. Далее дается всесторонний анализ сравнительного и исторического методов, сыгравших решающую роль в развитии биологии.

Поскольку возможности названных выше методов ограничены и они не в состоянии разрешить всех основных проблем современной биологии, главную роль в научном познании начинает играть эксперимент и моделирование. Автор детально анализирует наиболее характерные виды биологического эксперимента и его структуру. Особо выделяется раздел о достижениях в кибернетическом моделировании живых систем.

В методологическом отношении важна и интересна глава, в которой подробно разобраны вопросы единства методов биологического исследования, процессы доминирования отдельных методов, новые тенденции во взаимодействии этих методов и перспективы их развития. В этом отношении оригинальна глава о логических формах биологического исследования и технологических процессах, которые лежат в основе частных методов.

Заключительная глава посвящена роли практики в биологии.

ческом исследовании. Сама по себе постановка этого вопроса не нова, так как не раз осуществлялась в нашей и зарубежной философской литературе. Однако автору удалось найти и показать новые аспекты этой проблемы, а именно вопрос о связи практики

и методов биологии, о доказательной силе биологических методов и т. д.

В заключении книги указывается, как велик еще круг затронутых вопросов, связанных с методологическими проблемами биологической науки. Автор на-

мерен продолжить свои исследования и это можно только приветствовать, так как специалисты — биологи и философы давно нуждаются в подобных работах.

Л. И. Ивашевский
Восточно-Сибирский филиал СО АН
СССР (Иркутск)

ЦЕННАЯ ИНИЦИАТИВА ЭСТОНСКИХ МАТЕМАТИКОВ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ СБОРНИКИ «МАТЕМАТИКА И СОВРЕМЕННОСТЬ»¹

В советской Эстонии успешно возрождаются славные традиции Тартуского университета, который в течение XIX столетия был в России одним из центров математических исследований и математического образования.

В современных условиях большое значение приобрела в республике задача широкой популяризации математических знаний. Идя навстречу растущему интересу к этим знаниям со стороны широких кругов общества, Тартуский университет предпринял издание специального периодически выходящего сборника — «Matemaatika ja Kaasaeg» — «Математика и современность». Инициаторы издания — редакционная коллегия первого выпуска: Я. Габович, Ю. Каазик, Ю. Лумисте, Э. Сарв, Э. Тамме, Э. Тийт, Х. Эспенберг. Уместно отметить, что вся работа по выпуску сборников — авторская и редакционная — ведется на общественных началах.

По своим целям рецензируемое издание напоминает выпускавшийся несколько лет назад Из-



дательством физико-математической литературы сборник «Математическое просвещение». Правда, тартуский сборник по объему скромнее — он содержит от шести до восьми печатных листов, но выходит он чаще и главное регулярнее: за два года, прошедших с момента начала издания, вышло уже в свет семь выпусков «Математики и современности».

Знакомство с содержанием этих книг убеждает в их большой ценности. Действительно, центральное место принадлежит в нем материалам, освещающим современные идеи в математике и ее практические приложения. Так, мы находим здесь статьи о математических проблемах кибернетики, об основах математи-

ческой логики, о линейном и динамическом программировании, о математических методах в транспортных вопросах, об электронных вычислительных машинах и др. Многие из материалов относятся к актуальной сейчас проблеме использования математики в экономических исследованиях. Большую пользу читателям принесет серия статей Ю. Каазика о машинном программировании. В широкий мир идей современного математического анализа вводит содержательная статья на эту тему Г. Кангро.

В то же время — и это, с нашей точки зрения, вполне разумно, — сборник не закрывает своих страниц и перед более традиционной «школьной» (в частности — элементарной) математикой. Этим самым прокладывается необходимый «мостик» между материалом, на котором воспитывается математическое мышление в школе, и новейшими веяниями в этой науке.

Хорошо поставлен в сборнике отдел «Из прошлого математики». Особое внимание здесь уделяется истории математики и математического просвещения в Эстонии, достижениям отечественной математики. Весь четвертый выпуск сборника посвящен памяти проф. Х. Яксона — первого эстонца — доктора математических наук, о жизни и научных трудах которого (в частности,

¹ № 1, 90 стр., 1963; № 2, 94 стр., 1964; № 3, 96 стр., 1964; № 4, 110 стр., 1964; № 5, 112 стр., 1964; № 6, 106 стр., 1965; № 7, 120 стр., 1965. Тартуский государственный университет.

по знаменитой «проблеме четырех красок») рассказывается здесь в ряде материалов. Не остаются забытыми и важные даты мирового научного календаря: так, десятилетие со дня смерти А. Эйнштейна отмечено в седьмом выпуске публикацией двух специальных статей, в одной из которых, написанной Ю. Лумисте, собраны и прокомментированы высказывания создателя теории относительности о математике. Умелое сочетание в содержании сборника актуального и исторического элемента, характерное для «Математики и современности», несомненно способствует выработке у читателей правильных представлений о путях развития математической культуры.

Информацию о присуждении Ленинских премий по математике, отчеты о различных событиях текущей математической жизни, о юбилеях здравствующих ученых и подобные материалы мы находим в отделе «Хроника».

Отзывы о новинках математической литературы (книг, журнальных статей), издаваемых в Эстонии, дает небольшой, но постоянный, библиографический отдел.

Отделу «Задачи», пока еще довольно скромному, хотелось бы пожелать возможно быстрее и полнокровнее развиваться: ведь именно на таком материале, в конечном счете, воспитывается активное математическое мышление. Напомним изречение одного из видных современных математиков: «Математика — скорее деяние, чем учение».

Материалы в сборнике, как правило, несут на себе печать хорошей заботы о доступности их содержания возможно более широкой читательской аудитории (особенно это относится к оригинальным, в меньшей степени — к переводным работам). И важно отметить, что это делается без ущерба для научного уровня этих материалов. Оживляют содержание сборника хорошие иллюстрации и вкрапленные между статьями математические афоризмы, шутки.

Круг авторов, в первых выпусках еще довольно узкий, постепенно расширяется; в сборнике начинают сотрудничать ученые и из других республик страны. Редакция «Математика и современность» стремится к укреплению своих связей с читателями.

С этой целью среди них была проведена анкета, позволившая выяснить мнение читателей об уже опубликованных в сборнике материалах и о желательных для них темах будущих статей. (Результаты анкеты приведены в седьмом выпуске сборника.)

Растущий тираж сборника, увеличение его объема — красноречивое свидетельство того, что читатели по достоинству оценили это издание, обещающее стать одним из действенных факторов дальнейшего развития математической культуры в Эстонии.

Гаусс, великий немецкий математик, как-то сказал: «Математика — наука скорее для глаза, чем для уха». Не потому ли никакой устной формой пропаганды математики нельзя с успехом заменить ее популяризацию в печати? Отдадим же должное энтузиазму эстонских математиков, посвятивших свои усилия делу восстановления давней и плодотворной традиции журнальной популяризации математики в нашей стране.

Ю. М. Г а й д у к
Харьков

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И БИОЛОГИЯ

К. С. Тринчер

БИОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИЯ.
ЭЛЕМЕНТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ТЕРМОДИНАМИКИ

Изд. второе, «Наука», 1965,
120 стр., ц. 53 коп.

Основная идея книги К. С. Тринчера — стремление доказать неприменимость к явлениям жизни основных законов термодинамики, т. е. первичного фундамента всей физической науки. Революционные открытия физики XX в., внесшие коренные изменения в механику, теорию электричества и даже учение о пространстве и

времени, не смогли пошатнуть этот фундамент. Законы сохранения энергии и возрастания энтропии остались незыблемыми, и до сих пор не найдено ни одного факта, им противоречащего. Но вот К. С. Тринчер выступает с программой создания новой «биологической термодинамики», не только отличающейся от термодинамики неживого, но даже противоположной ей.

У неживой системы возрастает энтропия, у живой, по К. С. Тринчеру, — неэнтропия (величина обратного знака). Для такого радикального изменения

глубочайших основ науки нужны веские опытные факты. Где же ищет их К. С. Тринчер? На ряде примеров он убедительно показывает, что в ходе развития живой системы возрастает упорядоченность ее структуры, в то время как возрастание энтропии означает рост беспорядка. Но ведь закон возрастания энтропии справедлив только для замкнутой системы. Между тем всякая живая система по самой своей природе — система открытая; в нее поступает из внешней среды поток отрицательной энтропии. Что же касается термодинамики от-

крытых систем (теорема Пригожина), то в ней рассматривается не просто изменение энтропии самой системы, а количество вырабатываемой ею энтропии, в том числе и передаваемой окружающей среде.

Вопрос о применимости законов термодинамики к живым системам не нов; он стоял уже в начале развития классической биофизики. Точными экспериментальными исследованиями давно доказано, что коэффициент полезного действия мышцы удовлетворяет всем требованиям второго закона термодинамики. Пока не найдены противоречащие факты — нет никаких оснований строить особую биологическую термодинамику.

К. С. Тринчер оспаривает не только законы физики, но и ряд

положений теоретической биологии. Он доказывает «теорему биологической эволюции» которая гласит, что эволюция идет всегда от простого к сложному. Другую точку зрения, по которой направление эволюции определяет естественный отбор, К. С. Тринчер (примечание к стр. 43) странным образом приписывает... Норберту Винеру. Оказывается, можно забыть о том, что идея естественного отбора принадлежит Чарлзу Дарвину, что она подтверждена огромным фактическим материалом, в том числе и фактами регрессивной эволюции паразитов в направлении упрощения. Книга кончается словами: «из некоей праматерии более 4 миллиардов лет назад, когда Вселенная начинала свою нынешнюю фазу развития — фазу

расширения, возникли... две матерпальные сущности... — живая и неживая материя... и они развиваются каждая по своим физическим законам». Так одним ударом снимается вся проблема происхождения жизни и декларируется неприменимость известных законов физики к живой материи. Вопрос о применении законов физики и химии в биологии — центральный для всей современной науки. Интерес к этому вопросу не должен использоваться для необоснованных выступлений. Едва ли имело смысл выпускать книгу К. С. Тринчера вторым изданием, да еще и в срочном порядке.

Профессор Д. А. Франк-Камеицкий

Москва

ЗАБОТА О ФАУНЕ

Б. Гржимек

**ОНИ ПРИНАДЛЕЖАТ ВСЕМ.
БОРЬБА ЗА ЖИВОТНЫЙ МИР
АФРИКИ**

Перевод с немецкого

Е. А. Геевской

Изд-во «Мысль», 1965, 120 стр.,
ц. 54 коп.

Директор Франкфуртского зоопарка, профессор Б. Гржимек, превосходный знаток фауны экваториальной Африки (позвоночных) и ревностный борец за ее охрану, написал ряд интересных книг о природе и животном мире Африки. Эти книги переведены на многие иностранные языки и вышли большими тиражами. Теперь и советский читатель может ознакомиться с одним из наиболее интересных и живо написанных произведений Б. Гржимека. Книга «Они принадлежат всем» освещает состояние животного мира в Кении, Уганде и северных час-

тях Танзании. С большим знанием дела и любовью автор открывает перед читателем одну за другой страницы той жизни, о которой мы знаем очень мало, и то из старых книг, мало отражающих современную действительность.

У автора одна идея, которая пронизывает книгу с первой до последней ее страницы: уникальный животный мир Африки на краю гибели. Но он может и должен быть спасен. Если этого не произойдет, человечество лишится в культурном отношении многого. Таким образом, вопрос о том, сохранятся или не сохранятся на земном шаре носороги, — это вопрос который должен волновать все культурное человечество. К тому же, как мы знаем теперь из последних исследований профессора Бурлиера, и это прекрасно отражено в книге Гржимека, антилопы и другие

копытные Африки являются наилучшими пользователями саванновых пастбищ и намного превосходят в этом отношении домашних копытных — крупный рогатый скот. Восстановление численности антилоп в саваннах Африки (а это вполне возможно) могло бы существенно помочь в ликвидации белкового голодания, от которого страдают широкие круги местного населения континента.

В книге хорошо отражено отношение правительств новых африканских государств к вопросам охраны природы. Например, Министерство сельского хозяйства Танганьики после приобретения ею государственной самостоятельности стало называться Министерством сельского хозяйства и охраны природы. И правительство страны опубликовало специальный манифест, начинающийся словами: «Сохранить на-

шу дикую фауну — дело большой важности для всех нас, африканцев» (стр. 87).

Книга написана превосходно, а качество перевода соответствует качеству основного ее текста. Читатель, который хоть сколько-нибудь любит природу и интересуется ею, взяв в руки книгу Б. Гржимека, не положит ее на стол, пока не прочитает ее всю, с начала до конца. К ней приложено большое число фотографий. Они неплохи, однако далеко не соответствуют тому превосход-

ному качеству цветных фотографий, которые приведены в оригинале. Впечатление от них гораздо слабее. Фотографии мышинного лемура и щетинистого ежа можно было бы и не помещать, поскольку они не имеют отношения к теме книги и к территории, о которой идет речь (они водятся только на Мадагаскаре).

Автор снабдил русский перевод специальным предисловием, в котором он высоко оценивает проведенные в СССР работы по восстановлению численности

исчезающих копытных животных, например, сайги.

Это первое и будем надеяться не последнее знакомство советского читателя с произведениями Б. Гржимека. Во всяком случае то, что издательство «Мысль» организовало перевод рецензируемой книги, — хорошее начало. Следует сохранить и содружество автора с переводчиком, хорошо уловившим характер подачи материала.

Профессор Н. А. Гладков
Москва

УСТНЫЙ ЖУРНАЛ «ПРИРОДА»

Этот большой зал хорошо знаком не только москвичам, но и многим, кто не раз приезжал в столицу. В ставшем уже историческим конференц-зале Политехнического музея в свое время выступал В. И. Ленин, читал свои стихи В. В. Маяковский. Многим из нас памятливы проходившие здесь в двадцатых и тридцатых годах шумные литературные дискуссии.

Ныне зал известен как центральный лекторий Общества «Знание». В этом своеобразном и поистине всенародном университете делятся своими знаниями и опытом выдающиеся ученые, мастера искусств, изобретатели и политические деятели.

С начала 1965 г. на трибуне центрального лектория периодически заседает редколлегия устного журнала «Природа». Организованный по инициативе московской организации Общества «Знание», выпуск устного журнала, да еще такого, как «Природа», в аудитории, где привыкли слушать одного лектора на одну тему, вначале казался несколько рискованным начинанием. Как отнесутся к этому слушатели? Удовлетворят ли их краткие и весьма разнотемные выступления? Однако первый же выпуск, состоявшийся 23 февраля 1965 г., рассеял все сомнения. Заполнившая зал публика с большим интересом отнеслась к устному журналу. С одинаковым вниманием были выслушаны рассказы о «родильных домах» белых медведей на острове Врангеля

(доктор биологических наук С. М. Успенский), о вулканах острова Явы (кандидат геолого-минералогических наук К. К. Зеленев). Одобрительно встречено было выступление проф. А. Г. Томилина на тему «Обладают ли дельфины речью», направленное против тех, кто вульгаризирует науку, некритически относится к зарубежным сенсациям об «интеллекте» морских животных. Интересны были также сообщения Я. М. Света и В. О. Ружицкого. Живо реагировала аудитория на выступления молодых генетиков, работающих под руководством чл.-корр. АН СССР Н. П. Дубинина.

Новые окна во Вселенной, астрономия невидимых лучей, атомное опреснение воды, ориентация и навигация животных, новые успехи в эмбриогенезе человека — вот только некоторые темы следующего устного выпуска «Природы». На этом вечере аудитория с огромным интересом следила за демонстрацией редчайших фотографий, зафиксировавших развитие зародыша человека в утробе матери. Диафильмы и диапозитивы иллюстрировали сообщения и по бионике. И хотя программа была изрядно перегружена (девять выступлений!) слушатели не расходились, задавали вопросы, а многие в перерыве обращались к ученым за разъяснениями и дополнениями.

Один из выпусков устного журнала в 1965 г. был «выездным». На сей раз «Природа» была в гостях у коллектива Уни-

верситета дружбы народов им П. Лумумбы. Интересно рассказывал о наблюдениях солнечного затмения в Тихом океане канд. физ.-мат. наук П. В. Щеглов, о предвидении в биологии и технике сообщил канд. физ.-мат. наук Э. Г. Зелькин. Почетный полярник Б. А. Кремер свое выступление посвятил 50-летию полярной станции на острове Диксон.

Первый устный выпуск 1966 г. снова состоялся в историческом лектории. Перед аудиторией выступили авторы многих интересных статей, публиковавшихся на страницах «Природы»: акад. ЧССР Э. Кольман, чл.-корр. АН СССР К. И. Щелкин и доктор физико-математических наук С. П. Капица. Кибернетика и общество, антивещество и антимир, подводные исследования у Курильских островов — таковы темы устного журнала.

С каждым выпуском опыт редколлегии обогащается. Номера устных журналов уже не перегружаются большим числом выступлений, теснее укрепляется связь с аудиторией. И право же, редколлегия и всем выступающим приятно видеть, как многие слушатели исправно конспектируют «устные» статьи.

Итак, устная «Природа» своим пятью выпусками заявила о себе. Она уже прочно вошла в круг тех форм научной популяризации, которыми охотно пользуется жадный до знаний любознательный советский человек.

С. И. Сомов
Москва

ГРОЗЫ И ГРАД В ТУРКМЕНИИ

Изучение гроз и града имеет не только научное, но и большое практическое значение для ряда отраслей народного хозяйства. На Ашхабадской гидрометеорологической обсерватории обобщены материалы многолетних наблюдений над грозами и градом в Туркмении.

Грозы в Туркмении распространены повсеместно, но преобладают они в горных районах. Если в Копет-Даге (Хейрабад) число дней с грозой за год достигает 21, в подгорной равнине (Ашхабад) — 17, то в Центральных Каракумах (Зеагли) — 8, на севере республики (Куни-Ургенч) 5, а на восточном побережье Каспийского моря (Красноводск) — 4. Грозы наблюдаются во все месяцы, но наиболее активно грозовая деятельность проявляется в мае.

Представляют определенный практический интерес данные о проценте гроз, сопровождавшихся выпадением града («градовые грозы»). Эти данные в какой-то мере могут служить в качестве прогностического элемента. Процент «градовых гроз» от общего числа гроз за месяц для равнинной части Туркмении равен: для января — 30, для февраля — 33, для декабря — 18; в остальные месяцы процент «градовых гроз» не превышает 8. В горной части процент гроз, сопровождавшихся выпадением града, достигает 17 в холодный период года (с ноября по март), а в остальные месяцы так же, как и в равнинной части, не превышает 8.

Большой практический интерес представляют материалы о годовом количестве грозовых часов. Эти материалы используются при проектировании линий электропередач. Проектным организациям необходимы сведения о районах с повышенной, умеренной и слабой грозовой деятельностью, с максимумом годового количества грозовых часов свыше 40, от 10 до 40 и менее 10.



Март в Подмосковье

Район повышенной грозовой деятельности охватывает всю горную часть республики, где максимум годового количества часов достигает 52. К району с умеренной грозовой деятельностью относится почти вся равнинная часть Туркмении. И только крайний юго-восток республики (район Чаршанга) относится к району со слабой грозовой деятельностью.

Средняя продолжительность грозы в Туркмении колеблется в пределах 1,1—2,0 часа. Максимальная продолжительность грозы — от 6,2 до 13,5 час.

Полную аналогию с грозовыми явлениями представляет распределение града. Выпадение града отмечалось повсеместно как в горной, так и в равнинной частях Туркмении. Наибольшее число случаев градобитий падает на горную часть Туркмении: хребет Копет-Даг и предгорья его, предгорья Паропампза и хребет Кугитанг. На предгорную и горную часть приходится 74% всех случаев выпадения града. В высокогорной зоне Копет-Дага (Хейрабад) зарегистрировано за последние двадцать лет 87 случаев выпадения града, в предго-

рьях хребта Парапамиза (Кушка) — 34, в предгорной прикопетдагской равнине (Ашхабад) — 14, на восточном побережье Каспийского моря (Красноводск) — 5, на севере Туркмении (Ташаузский оазис) — 7 случаев.

Абсолютное преобладание града, как и гроз, приходится на весенние месяцы. В 65% всех случаев град сопровождался грозой и ливнем. Грозовое состояние атмосферы и развитая конвекция в период вторжений на территорию Туркмении холодных и влажных воздушных масс порождали ливневые осадки и возникновение града. Во всех случаях отмечалось высокое влагосодержание воздуха до 7000 м высоты.

Интересно, что градовая деятельность наиболее активно проявляется над всей территорией Туркмении в дневное время как в первой, так и во второй

половине дня, тогда как грозовая деятельность наиболее активно проявляется в первую половину ночи. Средняя продолжительность града составила почти для всех пунктов 0,2 часа, а максимальная продолжительность достигала 1,2 часа.

Сильные градобития причиняют значительный ущерб садам, бахчам, хлопковым плантациям. Иногда в полосе выпадания града полностью уничтожаются посевы, а сады не дают плодов, так как цветы и завязи полностью сбиты. В Туркмении отмечено немало случаев, когда выпадал град величиной с голубиное яйцо (в долине Аму-Дарьи, в Центральных Каракумах) и даже до 4,5 см в диаметре, например в предгорьях Парапамиза.

Е. К. Балакирев
Ашхабад

КАМЕННЫЙ ГРАД

Посмотрите на фотографию. Эти «градины» выпали 5 декабря 1964 г. в 12 час. на станции Киев-Пассажирская. Но это был не обычный град — он не таял. Оказалось, что градины были не ледяными, а представляли собой кусочки белого прозрачного камня. Этот «град» выпал на площади около 1 км², причем на 1 дц² приходилось по 3—5 камеш-

ков. Лица, находившиеся вне помещений, отмечали, что сила удара падавших камешков была меньше, чем при обычном граде. (Очевидно, они падали с меньшей скоростью). Под микроскопом при небольшом увеличении отчетливо видны эродированные грани, а в некоторых местах и свежие сколы. Исследование одного из таких камешков, любезно произведенное старшим преподавателем кафедры петрографии Киевского государственного университета Т. Ф. Шелудько, показало, что это были крупные зерна кварца, по-видимому, из речных современных отложений.

В литературе известны необычные дожди из монет, живой рыбы, обломков алебаstra и т. п. И эти «кварцевые зерна» были захвачены, видимо, во время урагана под Могилевом-Подольским, после чего выпали, оказавшись хорошо рассортированными. Зерна несколько необычны, это не галька и не песок, но размеры их одинаковые и каждое весит около 25 мг.

В. А. Липовецкий
Киев



В НОМЕРЕ:

Гипотезы. Из далекого прошлого. Происхождение Крыма и Черного моря. С. А. Ковалевский 108

Заметки, наблюдения. Лягушки нападают на птиц. К. А. Воробьев (81). Чай — стимулятор роста растений. П. А. Наумов (113).

Новости, события, факты.

Ближайшие задачи бионики. Вторая всесоюзная конференция по бионике (114). Изменение радиосигналов с Юпитера (114). Солнечная печь для космических исследований (114). Магнитные линзы на сверхпроводниках (115). Препарат, растворяющий тромбы (115). Доклад молодого ученого на заседании Президиума АН СССР. Б. Н. Делоне (116). Подземный фотограф (116). Операция на мозге (116). Международная биологическая программа. Р. М. Алексин (117). Бабочки — переносчики инфекций. М. Я. Асс (117). Жир из древесины (117). Лазерная искра в воздухе (118). Вспышки яркого света и комары (118). Новый антибиотик (119). Предотвращение возникновения ураганов (119). Комета Икейа-Секи. Б. Ю. Левин (120). Необычные волокна (120). Белок из угля (121).

Книги. О путях познания в биологии (И. Т. Фролов. Очерки методологии биологического исследования). Л. И. Ивашевский (122). Ценная инициатива эстонских математиков (Научно-популярные сборники «Математика и современность»). Ю. М. Гайдук (123). Физические законы и биология. (К. С. Тринчер. Биология и информация. Элементы биологической термодинамики). Д. А. Франк-Каменецкий (124). Забота о фауне (Б. Гржимек. Они принадлежат всем. Борьба за животный мир Африки). Н. А. Гладков. (125). Устный журнал «Природа» С. И. Сомов (126). Коротко о книгах (37, 60).

Календарь природы. Грозы и град в Туркмении. Е. К. Балакирев (127). Каменный град. В. А. Липовецкий (128).

Художественный редактор З. К. Тарасенко

Технический редактор Д. И. Флейшман

АДРЕС РЕДАКЦИИ: Москва, Ж-127, ул. Осипенко, 52, тел. В 1-76-80

Подписано к печати 5/III 1966 г.
ч.-изд. л. 13,39

Т-13353

Бум. л. 4

Формат бумаги 84×108¹/₁₆

Тираж 32200 экз.

Печ. л. 13,12+2 вклейки

Заказ 7

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА НА «ГИДРОБИОЛОГИ- ЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ»

(Индекс 74115)

**ОРГАН ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ
БИОЛОГИИ АН УССР**

«Гидробиологический журнал» — единственное в стране издание, освещающее результаты научных исследований в области отечественной гидробиологии. В нем печатаются статьи по вопросам общей гидробиологии, континентальных и морских водоемов, санитарной гидробиологии и охраны водоемов, морфологии, биологии, физиологии и биохимии водных организмов, водной микробиологии, паразитологии, гидрохимии, водной фауны и флоры, акклиматизации и интродукции водных организмов, биопродуктивности, а также по теоретическим и практическим вопросам ихтиологии.

«Гидробиологический журнал» публикует краткие сообщения, обзоры по актуальным вопросам гидробиологии, дискуссии, рецензии, хронику; имеются разделы «В помощь практике», «Методика», «Критика и библиография», «Юбилей и даты», «Новые книги», «Наука за рубежом».

Издание рассчитано на широкий круг научных и инженерно-технических работников исследовательских учреждений, преподавателей университетов, педагогических, сельскохозяйственных и медицинских институтов, специалистов проектных организаций, работников сельского хозяйства, санитарной службы, учителей школ, студентов вузов и учащихся средних специальных учебных заведений.

Журнал издается на русском языке и выходит 6 раз в год; объем — 6 печатных листов.

Подписка принимается без ограничений городскими и районными агентствами «Союзпечать», отделениями связи, пунктами подписки, а также kiosками и общественными распространителями печати.

ПОДПИСНАЯ ЦЕНА:

на год — 3 руб.

на полгода — 1 р. 50 к.

Цена отдельного номера — 50 коп.

Адрес редакции: Киев, 3.
Владимирская, 44.

50 коп.

Индекс 70707



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»